技术系统论

TECHNOLOGY SYSTEM THEORY

李喜先 等 著

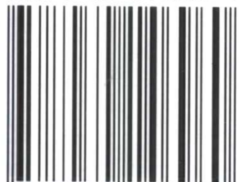


科学出版社

www.sciencep.com

(N-0205.0101)
责任编辑：姜淑华　马素卿
封面设计：黄华斌

- 科学系统论
- 技术系统论
- 工程系统论
- 知识系统论



ISBN 7-03-014696-4
定　价：45.00 元

技术系统论

李喜先 等　著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书主要运用现代系统概念、系统理论和系统观，从普遍存在的种类繁多的系统中，抽象出一个与科学系统紧密相关的技术系统，并将其作为一个他组织系统与自组织系统相结合的复杂系统，研究其特性、结构、功能、进化和环境，从而形成技术系统理论。

本书适合系统科学、科学哲学、技术哲学、科学社会学、技术社会学研究者，科技发展战略、科技政策和科技管理研究者，以及科技组织工作者和广大科教工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

技术系统论/李喜先等著．—北京：科学出版社，2005.1

ISBN 7-03-014696-4

Ⅰ．技…　Ⅱ．李…　Ⅲ．科学技术学　Ⅳ．G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 136930 号

责任编辑：姜淑华　马素卿/责任校对：包志虹
责任印制：白　羽/封面设计：黄华斌

科学出版社 出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行　各地新华书店经销

*

2005 年 1 月第 一 版　开本：B5(720×1000)
2005 年 1 月第一次印刷　印张：17
印数：1—2 000　字数：340 000

定价：45.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈科印〉）

前　言

1989年，在中国科学院、国家科学技术委员会（现国家科学技术部）、国家自然科学基金委员会和中国科学院出版基金专家委员会的资助下，我们开始本课题研究，其成果将形成4本专著：《科学系统论》、《技术系统论》、《工程系统论》和《知识系统论》。本书为第2本。

本课题由李喜先负责，并进行全书框架构思和审稿。

本书分上、中、下三篇，共15章。各章撰稿人员如下：

孔德涌研究员（原国家科学技术委员会政策体改司）撰写第13、14章

李喜先研究员（中国科学院科技政策局）撰写导论、第1、2章

李伯聪教授（中国科学院研究生院）撰写第6、15章

郑易生研究员（中国社会科学院数量经济与技术经济所）撰写第12章

金吾伦研究员（中国社会科学院哲学所）撰写第8、10章

袁向东研究员（中国科学院数学与系统科学学院）撰写第5、9章

胡作玄研究员（中国科学院系统科学所）撰写第4、11章

董光璧研究员（中国科学院自然科学史所）撰写第3、7章

董光璧审阅了第1、2、6、8、10章

金吾伦审阅了第3、11、12、13、15章

特别是，中国科学院科技政策局给予了本课题研究的多方面支持，我们衷心地表示感谢。

本课题研究，涉及很多领域，实质上是广泛地进行了交叉科学研究。可以说，这是一种新的探索，不当之处，恳请广大读者不吝指正。

李喜先

2004年5月8日

目　　录

前言

导论 …………………………………………………………………………… 1

上篇　总　论

1. 技术系统 …………………………………………………………………… 5

1.1　技术 ……………………………………………………………………… 5

1.2　技术系统的涵义 ………………………………………………………… 12

1.3　技术系统的特性 ………………………………………………………… 20

1.4　技术系统与科学系统 …………………………………………………… 21

1.5　技术系统与工程系统 …………………………………………………… 23

1.6　技术系统观 ……………………………………………………………… 23

2. 技术系统的结构、功能和环境 ………………………………………… 26

2.1　一般系统的结构 ………………………………………………………… 26

2.2　一般系统的功能 ………………………………………………………… 27

2.3　一般系统的环境 ………………………………………………………… 28

2.4　一般系统的结构、功能、环境之间的关系 …………………………… 29

2.5　技术系统的结构 ………………………………………………………… 29

2.6　技术系统的功能 ………………………………………………………… 32

2.7　技术系统的环境 ………………………………………………………… 34

3. 技术系统的演化 ………………………………………………………… 39

3.1　技术系统演化的逻辑结构 ……………………………………………… 40

3.2　技术系统演化的历史结构 ……………………………………………… 45

3.3　技术系统的文化地位演变 ……………………………………………… 49

4. 技术的分类 ……………………………………………………………… 55

4.1　技术的通常分类 ………………………………………………………… 56

4.2　技术分类的理论标准 …………………………………………………… 59

4.3　广义技术 ………………………………………………………………… 67

5. 技术的整合 …… 70
5.1 技术整合在技术系统研究中的作用和地位 …… 70
5.2 技术整合的发生机制 …… 73
5.3 刺激-反应机制 …… 78

中篇 分 论

6. 自然技术 …… 85
6.1 能量技术 …… 86
6.2 信息技术 …… 86
6.3 物质技术 …… 88
7. 社会技术 …… 105
7.1 社会技术系统的结构 …… 106
7.2 社会技术系统的功能 …… 110
7.3 社会技术系统的演化 …… 114
8. 思维技术 …… 118
8.1 关于思维的本质 …… 119
8.2 思维方式的特征与类型 …… 120
8.3 思维方式的演变 …… 125
8.4 思维技术 …… 129
9. 数学计算技术 …… 136
9.1 数学计算技术的来历与构成要素 …… 136
9.2 数学计算技术的历史回顾 …… 137
9.3 思维技术在密码通信中的作用 …… 140
10. 复杂系统技术 …… 147
10.1 复杂性的涵义 …… 147
10.2 复杂系统的特征 …… 151
10.3 各领域中的复杂性 …… 154
10.4 复杂系统技术的应用 …… 157

下篇 应 用

11. 技术预见 …… 163
11.1 从技术预测到技术预见 …… 164
11.2 技术发展的历史状况 …… 168

11.3 常规技术的预见 …… 171
11.4 生存技术的预见 …… 173
12. 技术评估 …… 180
12.1 技术乐观主义和市场主导的技术评估 …… 180
12.2 对技术价值的反思 …… 187
12.3 技术评估 …… 193
13. 技术创新 …… 199
13.1 创新概念 …… 199
13.2 技术创新概念 …… 200
13.3 技术创新的特性 …… 200
13.4 原始性创新 …… 202
13.5 体制机制创新 …… 202
13.6 组织管理创新 …… 203
13.7 技术创新与全球化 …… 204
13.8 一个技术创新和区域创新的成功范例——美国硅谷 …… 205
13.9 技术创新管理 …… 209
14. 技术政策 …… 212
14.1 政策概述 …… 212
14.2 一般技术政策 …… 212
14.3 论中国技术政策 …… 213
15. 技术与社会 …… 248
15.1 技术与社会 …… 248
15.2 技术系统的自主性和社会建构性 …… 250
15.3 技术与社会互动 …… 252
15.4 技术与制度 …… 254
15.5 技术乐观主义、技术乌托邦主义、技术悲观主义和技术现实主义 …… 256
15.6 技术进步和人文关怀 …… 260

李喜先

导　论

系统思维方式在现代科学思维方式中已成为主要的思维方式，它是在系统概念、系统理论和系统观的基础上形成的崭新的思维方式。它遍及广泛的科学和技术领域，从而成为当代最普遍的科学思维方式。由此，我们主要运用这一有效的、先进的思维方式，犹如抽象出科学系统那样，从人类创造的文化母系统中抽象出一个技术系统，并将其作为思维对象——认识客体。

尽管有多视角对技术的反思，但我们着意从系统观对技术的反思，即从多层次上来研究这个系统，并作为他组织系统与自组织系统相结合的复杂系统来探讨，包括其结构、功能、环境和演化等，以得出一些规律性的认识，使我们确立起技术系统观。

一、多视角对技术的反思

从多种视角，包括历史的、工程学的、哲学的、人文科学和社会科学的观点，对技术的反思早已开始，从而形成了技术史、技术哲学(主要含工程学和人文科学观点的两类)和技术社会学。

从历史的观点，研究技术的起源、发展以及与科学等的关系，形成了技术史、技术与文化史、科学与技术史等，这包括由英国辛格·霍姆亚德和霍尔编著的多卷本《技术史》和由法国多玛编著的 4 卷本《技术通史》等。这些是人类文明史的重要组成部分，对认识现在和预测未来的技术都有着重要的意义。

从哲学的观点，对技术(主要是自然技术)的本质、目的、认识论和方法论等进行考察，即以技术为对象的哲学反思或称自然改造论，从而形成了多种技术哲学：

(1) 首先，最早形成的工程学观点的技术哲学(philosophy of technology)，主要是技术专家或工程师从内部对技术的分析所形成的技术的哲学(technolgical philosophy)。如在 1835 年由苏格兰化学工程师安德鲁·尤尔(Andrew Ure，1778～1857 年)创造的《工厂主哲学》，以及在 1877 年由同工具、机器打交道的德国哲学家恩斯特·卡普(Ernst Kapp，1808～1896 年)创立的名副其实的技术哲学。在 20 世纪，与工程学相关的技术哲学得到持续而系统的发展，特别是在德国工程师的学术活动中，发展了现代技术哲学。在德国创立的技术哲学传到了法国、荷兰、西班牙、日本和美国等国。在日本将技术哲学译作“技术论”，并对技术的本质是什么而引起了争论。在 20 世纪 60 年代，技术哲学(technophilosophy)在美国兴起，以技术史协会主办“技术与文化”为主题的研讨会为标志。以后，哲学家马·

邦格(Mario Bunge,1919～)、卡尔·米切姆(Garl Mitcham)和保罗·德宾(Paul Durbin)等编著了一系列技术哲学著作。在中国,工程的技术哲学始于 1982 年。从整体上说,中国技术哲学尚处在起步阶段,迄今已有近 100 篇的论文发表,特别是 1999 年陈昌曙著《技术哲学引论》问世,展现出一个良好的开端。

(2) 其次,接着形成的人文科学观点的技术哲学也有较大的发展。人文传统的技术哲学或称人文主义的技术哲学,主要由哲学家和社会学家从广泛的视角,包括文化的、历史的和人类学的观点,即把非技术的因素放在优先的地位,进行基本的考察。美国技术哲学家路易斯·芒福德(Lewis Mumford, 1895～1988 年)以人类学为基础,认为综合技术与人性相一致。德国技术哲学家马丁·海德格尔(Martin Heideggerm,1889～1976 年)认为,应当以一个非技术人的身份考察技术,指出有些技术具有限定自然、强求自然的特点,很少适于进入或补充自然环境。法国社会学家雅克·埃吕尔(Jacpues Ellul,1912～1995 年)认为,技术是以自主性为中心而展开的,技术社会不可能是一个真正合乎人性的社会,因为它不把人放在首位。总之,人文传统的技术哲学对技术有些持批判的态度。

从社会学的观点,对技术的反思而形成的技术社会学与人文的技术哲学十分类似,以致难以区分,因为不可能脱离社会因素而产生纯技术哲学,也不可能脱离技术哲学而形成纯技术社会学。

二、系统观对技术的反思

尽管可以从历史的、哲学的、社会学的观点对技术进行反思,但我们还是坚持以系统观对技术进行系统的、全面的考察,即主要采用系统思维方式对技术系统进行反思。

科学思维的特征是理性思维,主要含系统思维、逻辑思维、数学思维、概念思维和创造性思维等。其中,系统思维最具有普适性和有效性。它遍及广泛的领域、渗透到日常工作和生活乃至大众媒体中,以致成为当代最时髦的思维。它贯穿在其他思维中,并与其紧密结合,从而形成巨大的理性思维的力量:

(1) 它蕴含着运用逻辑思维,即将其作为系统思维的一种特殊情形而加以运用,这就犹如牛顿力学之于相对论一样;当系统元素间动态相互作用微弱,以至可忽略不计时,逻辑思维似乎就成为系统思维的一种极端情形,这时系统思维即可归结为逻辑思维。

(2) 当系统思维再与概念思维、数学思维和创造性思维结合时,则能使科学思维发展到具有更高的抽象性、精确性、创新性和理论化的水平,从而导致理性思维的能力,极大地推动着人类认识的发展。

我们主要运用系统思维,即运用现代系统理论的观点和方法,从多维度、多层次对技术系统进行深刻的认识,则更能揭示其本质、特性、结构、功能、进化和环境。这样,可增强对技术系统进行系统的和整体性的研究,从而形成技术系统理论。当我们建立了专著《科学系统论》之后,就转向与其有紧密关系的技术系统这一新的

探索，继续为现代系统理论研究开拓另一个新领域，并试图基于系统认识论和方法论而建立一门新的技术系统论——以复杂的技术系统为研究对象的综合学科。

三、技术系统的生成和发展

技术系统是人类创造的文化母系统中的一个子系统，它还可再分为自然技术、社会技术和思维技术三个次级子系统。从起源的视角看，它们几乎是一样地久远。经过长期的发展，它们大体上都经历过古代和近代时期而发展到现代时期，只不过发展的程度存在着差异，其中以自然技术发展得最为充分。

从整体上说，技术主要是从经验中产生的可操作的知识，尤其在古代和近代时期所形成的各类技术；在现代时期，虽然各类技术仍然与直接的经验有关，但它们越来越基于各类科学的发展。一方面自然技术是源于人类在改造自然而形成人化自然中的经验，另一方面则是取之于自然科学的理论，故又可称为自然科学化的技术；同样地，社会技术既有源自人类在社会活动中所形成的行为规范，又有取自社会科学的原理，故也可称为社会科学化的技术；类似地，思维技术既来自人类在改造自身的活动中所产生的方法，也有基于思维科学的理论而形成，对概念等可操作的程序，故也可称为思维科学化的技术。实际上，在人类活动中，这三类基本技术必然是同时存在和相互关联的。

现代技术系统已经发展成为一个极其复杂的庞大系统，有其多种多样的结构、内外的和多层次的功能，并在外环境中演化，不断地朝向增加复杂性的方向发展。

四、技术系统理论

技术系统的显著特征是人的参与以实现其目的性，因而任何技术系统都是人工系统或人化系统，是他组织与自组织系统结合而生成的系统，从而形成了描述技术系统的他组织与自组织理论相结合的统一理论。

在第一本专著《科学系统论》中，我们已阐释和应用了自组织理论。苗东升在《系统科学精要》一书中从逻辑上论及了“他组织”概念的合理存在性。姜璐在许国志主编《系统科学》一书中又再次地强调了这一概念。这表明，他组织（heter-organizafion）与自组织（self-organization）是组织这一上位概念之下的下位概念，都属于一种概念。实际上，人工设计的人造事物就是典型的他组织与自组织系统相结合而形成的系统。对一个系统施加的控制力就是来自外部的他组织作用，而控制论就是发展得很充分的他组织理论。可以说，哈肯建立的协同学就是一门关于自组织的理论。他认为：“如果系统在获得空间的、时间的或功能的结构过程中，没有外界的特定干预，我们便说系统是自组织的。这里的‘特定’一词是指，那种结

构和功能并非外界强加给系统的，而且外界以非特定的方式作用于系统的。”[①]因此，我们可以推论，如果外界有特定干预，这就是施加了他组织作用。他还经常将激光器看作是处于自组织与他组织边界上的系统，因为外部施加的控制参量达到阈值还是人工控制的。因此，我们认为，技术系统是自组织系统与他组织系统相结合的系统，而且后者只有通过前者而实现两者的统一，才能产生人工系统这类高级的组织形态。一般地，描述这类系统的动力学方程必定为非齐次方程，而连续的动力学方程的一般形式为

$$\dot{\boldsymbol{X}}=\boldsymbol{G}(\boldsymbol{X})+\boldsymbol{F}(t)$$

其中，$\boldsymbol{X}$ 为状态向量，$\boldsymbol{F}(t)$为他组织力(受迫项)。

一般地说，无论是人工系统还是自然系统，都有他组织与自组织或者控制与响应两者的结合，才能生成和发展。只是在研究自然系统时，不将前者作为他组织或人为控制来描述，而归之为自然环境产生的条件、外部提供的自然信息，或归之为自然规律，使得一个自然系统生成和发展，如在自然环境中生物的生长。

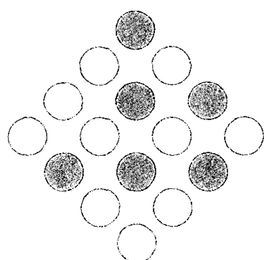
我们建立起技术系统的他组织与自组织相结合的统一理论，就能够统一地阐释人工系统和自然系统的生成与发展。同时，又能祛除“技术自主论”和“技术社会建构论”的局限性。

五、技术系统理论的应用

我们建立的技术系统理论具有重要的应用意义。实际上，本书的下篇是应用篇，就是上、中篇的展开，称为若干应用或推论，其中在中国技术中的应用属于特殊条件下的应用。这些包括在技术预见、技术创新、技术政策、技术评估、技术与社会等5章中的一般性论述。

---

① 哈肯，信息与自组织，四川教育出版社，1988年，第29页。



上篇 总 论

李喜先

1. 技术系统

1.1 技术

要寻求技术的起源,就要追溯到文明史之前,以至追溯到人类的起源。

在史前,人类在生存和发展的实际经验中有了技术的发端。自然技术的发端经历了最重要而漫长的过程,这时的技术甚至包含在自然生命的无思维的动物性活动中,奥特加·伊·加西特称之为机会技术[①]。这时,社会技术也有了萌芽。这些原始技术构成了人类创造的原始文化的重要部分。

从文明史的开端至公元18世纪中叶形成的技术称为古代技术,或称为工匠技术。大体上,这是在中古和下古时期以自然力(如风力、水力等)、畜力和人力为动力而形成的自然技术。这时,治理国家,建立政治、经济和法律制度等所形成的社会技术也有了发展。

从18世纪中叶至20世纪初叶所形成的技术称为近代技术。这以纺织机技术改革为起点、蒸汽机技术的发明为标志,形成了第一次自然技术革命;在19世纪中叶,科学与技术的关系越来越密切,基于工程科学的技术得到了迅速的发展。特别是,钢铁的冶炼技术、热机技术、电力技术、电信技术等蓬勃兴起,使材料、能源、信

① F·拉普著,刘武等译,技术哲学导论,辽宁科学技术出版社,1986年,第23页。

息三大技术发展到了新的阶段，出现了近代自然技术史上的第二次自然技术革命，形成了以电能利用为核心的技术系统。这时，社会技术也有了新的发展，建立社会制度、政治体制、法律体制等社会管理技术或社会控制技术已经形成。

在20世纪中叶，现代技术得到了充分的发展，形成了现代自然技术、社会技术和思维技术三大类所组成的现代技术系统。

1.1.1 起源

A. 自然技术的起源

要寻求技术的起源，就要追溯到人类的起源。地质学、考古学、人类学、古生物学等研究已将人类的祖先猿人的起源追溯到约从300万年前到150万年前，这是人类的孩提时代。人类的真正形成还是发生在史前的10万年这一漫长的岁月里。在旧石器早期，最早的猿人已能打制和使用粗糙的石器，也就有了自然技术的萌芽。因此，可以说，自然技术史几乎与整个人类史同样地久远。

在距今约35 000年时，人类祖先完成了整个进化过程而转变为人类。为不断地适应急剧的环境变化，促使人类大脑的发展，以至人脑容量平均可达约1450毫升，而灵长动物的只有人的1/3，这使人类最终区别于灵长类动物。在地球上事态发展的第一个大转折点是生命从无机物中脱胎而出，而第二个大转折点则是从人类的祖先古猿转变为能进行思维的人类。正是有了能进行思维的人脑，就有了高于灵长类动物的智力水平，从而能使用和创造更高于它们所能使用和制造的简单石器。

(1) 石器技术。

在石器（旧石器、中石器和新石器）时代，自然技术发端的第一个标志是石刀技术或石器技术。在几百万年的历史长河中，人类的绝大部分时间就在石器时代度过，而且开创了人类文化史。当时，人类文化包括工具、衣服、制度、语言、艺术形式、宗教信仰和习俗等中的最重要最早的部分。在旧石器时代，人类从实际经验中制造的典型石器是经打击形成的、一端尖锐一端厚钝的石斧。它被用作袭击野兽、挖掘植物块根等的"万能"工具。在中石器时代，石器技术有了新的发展，石器上装上木制或骨制把柄，形成了镶嵌工具，如石刀、石斧、石矛等，石器技术进入了复合化，并发展到能在更高程度上学会利用力学原理制造弓箭等工具。

(2) 取火技术。

在旧石器时代，人类已发现了火的用途，如从对雷电引起森林、草原野火的恐惧到学会用火烧烤猎物。在旧石器晚期，人类终于掌握了人工取火的方法，如用敲击燧石取火、钻木取火。因此，自然技术发端的第二个标志是取火技术。这表明，人类已在实际经验中掌握了敲击和摩擦把机械能转变为热能的技术。

(3) 符号技术。

在史前时期，自然技术发端第三个最重要的标志是符号技术。在几百万年的

进化过程中，人类为适应环境，主要在地面上生活，约在50万年前形成的直立人，能用自由活动的双手，脑子也很快增大，因而智力能达到较高的水平。在本性上人类就是合群的，就要过社会生活，进行集体行动，如采集、狩猎活动等。这必然产生交往、合作等，如能作手势、能笑、能舞、能歌、打鼓、画画（洞穴壁画等）以至学会说话。这些都构成最原始的“符号”，其中画的起源较早，如在法国三弗雷勒斯山洞里保存着杰出的洞穴壁画[①]等；而语言、文字的发展则较晚，最初的语言可能是少数惊叹词，如惊惶的叫喊，用不同声调表示不同的意思。对旧石器时代人群中是否随意谈话是一无所知，不过可以认为，在语言多少有点发展之前，思想很少越过实际经验的范围，因为语言是思想的手段。口语的成长是一个很缓慢的过程，人的心思也是很缓慢地才发展到用形态方式来表示行动和关系。文字的创造则标志着符号技术的真正形成，人类才开始进入文明时代，从而开创了文明史。人类的文明史还不足6000年，现在一致公认起源于美索不达米亚地区的苏美尔[②]。在公元前4000年，苏美尔人创造了图画文字，这是文字的萌芽形态，后来又创造出图形符号和楔形文字。差不多与国家产生的同时，正式的文字也产生出来了，如象形文字或线形文字。在公元前2900年时，苏美尔人已把图形符号从早期2000个左右减少到约600个，这有了巨大的改进。在公元前1300年时，腓尼基（希腊语言为“紫红之国”，相当于现黎巴嫩地区）人又由22个辅音字母组成了字母文字，这后来成为希腊字母和阿拉米亚字母的来源，而希腊字母又产生了欧洲各民族的字母，阿拉米亚字母则产生了希伯来字母和阿拉伯字母。文字使人类能记录和积累各种真实的情况，世代相传，从而促进智力的发展。

人类使用符号，而其他动物则不能使用符号。全部人类行为起源于符号的使用，正是符号才使类人猿祖先转变为人类。全部人类行为由符号的使用所组成。“符号”可以定义为使用者赋于意义或价值的事物。怀特在《文化科学》中指出：“全部文化（文明）依赖于符号。正是由于符号能力的产生和运用才使得文化得以产生和存在；正是由于符号的使用，才使得文化有可能永存不朽。”[③]

古代自然技术的发端对于人类社会的发展有着最基本的意义。古代三大自然技术，即石器技术、取火技术和符号技术，已构成现代材料技术、能源技术和信息技术的雏形：石器技术标志着把石头作为材料，加工成为器具；取火技术标志着挖掘了一种强大的自然能源，使燃烧释放出热能，实现能量形式转化；符号技术标志着能进行思想交流，传递和存贮信息。这些技术为制陶、冶炼、建筑技术等奠定了基础，为人类进入农业社会开拓了广阔的前景。

---

① L. S. 斯塔夫里阿诺斯著，吴象婴等译，全球通史，上海社会科学院出版社，1993年，第71～72页。

② H. G. 韦尔斯著，吴文藻等译，世界史纲，人民出版社，1991年，第124、210、154页。

③ L. A. 怀特著，曹锦清等译，文化科学，浙江人民出版社，1998年，第31页。

B. 社会技术的起源

要寻求社会技术的起源同样地将追溯到人类的起源、社会的起源。在远古时代，只有自然技术，而没有后来意义上的自然科学。因此，大体上说自然技术的发端早于自然科学。

自然技术的发端是否早于社会技术的发端，还很难认证。但黄天授等认为："一般说来，最初总是社会技术先发生，然后促进或引起自然技术的出现。"[①]而社会技术则更早于社会科学。在自然技术中，石器技术最早，这产生于人类与自然界的关系，如最早的狩猎生活方式，易于用到石器。由于要捕捉大动物，则需集群才有可能，从而人与人之间的协作、合群的本性开始显露出来了。数量不多，如几十人结成的群体便具有相互依赖的合作关系，即最原始的公社组织形式，这构成了具有亲密关系如血缘关系的最早的社会单位。当这些群体在取得狩猎、采集丰富时，或遇到灾害时，都只好归之于超自然的存在物，如把有用的动物或植物作为本群体的"图腾"(印第安语"他的亲族"的音译)，树立偶像，后演变为宗教。由于经常举行宗教活动，出现了脱离生产活动的巫师，施弄巫术，为群体祈求平安和幸福。通过这些活动，促进了人类语言与思想的发展，从而导致社会组织的形成成为可能。因此，可以说，最简单的符号技术，如手势、语言等，后来发展成为各种文字，就成为传递信息的媒体，并进而成为组成社会、形成社会结构、形成经济(如采集和狩猎经济)制度和建立社会准则等社会技术成为现实。人类从小规模的群体，演变到氏族、部落、公社，以至到国家、庞大的帝国，都必须有社会技术才能形成。因此，大体上说，社会技术的发端与符号技术紧密相关，更早于社会科学了。不过，一些社会学者认为："社会学作为一门独立的科学虽然产生于19世纪，但社会学的思想却几乎与人类社会的历史一样悠久，一样源远流长。"[②]

1.1.2 古代技术

A. 古代自然技术

一般地，在18世纪中叶之前形成的自然技术称为古代自然技术。在上古时期——指从人类开端直到原始社会形成的几百万年，就有了自然技术的发端。在中古和下古时期——大体上相应于奴隶社会和封建社会时期，这时自然技术有了新的发展。人类在掌握了取火技术之后就为制陶技术和冶炼技术奠定了基础。由于利用火这种自然能源，便能烧制陶器，这不仅改变材料的几何形状，而且改变了材料的物理、化学属性。接着，由于用木炭作燃料，可获得能熔铜的温度，由铜、锡、

---

① 黄天授等主编，现代科学技术导论，中国人民大学出版社，1995年。

② 刘玉安主编，西方社会学史，山东大学出版社，1993年，第14～15页。

铅合金而形成的青铜熔点更低。后来，人类又从天然陨铁中经反复加热和锤打的方法，去掉炉渣形成熟铁。这样，冶炼技术致使人类经历了铜、青铜和铁器时期，并为建筑技术、农业技术和交通技术等打下了基础。在建筑技术中，最突出的是公元前 2800 年在埃及建造的齐阿普斯金字塔，以及古代两河流域的神庙、巴比伦城，印度河流域的砖木结构建筑物等，古希腊的宫殿、庙宇和运动场，古罗马的大斗兽场、万神庙、水道、公路和桥梁等。在农业技术中，灌溉技术、种植技术、耕犁技术等有了发展，使人类定居生活方式得以形成。在交通技术中，车轮的重大发明、造船的发展，对于商业、海上贸易、文化交流等起着重要的作用。

在古代自然技术发展中，中国古代自然技术具有遥遥领先的地位。技术与科学的发展状况表明，它们的兴衰与当时的社会制度或社会环境紧密相关。虽然，中国奴隶制的产生晚于埃及和两河流域，也不及希腊那样达到全盛时期，但却最早从奴隶制过渡到封建制国家。特别是，在欧洲进入中世纪(5～15 世纪)长达 1000 年的“黑暗时期”，中国技术与科学处于繁荣时期。这时，生铁冶炼、铸造和采矿等材料技术，纺织、陶器、造船和其他制造技术，火药等能源技术，指南针、造纸术和印刷术所标志的信息技术，以及水利、建筑等工程技术都远远超过同时代的欧洲。

B. 古代社会技术

大体上，在中古和下古时期，人类社会经历了奴隶制和封建制两种社会制度，因而社会技术有了更大的发展。从原始公社到奴隶制和封建制的建立表明了人类社会不断向前发展，社会制度，如政治、经济、军事、法律制度等，就是通过社会技术而实现的社会活动的规范体系。在公元前 450 年，罗马就出现了《十二铜表法》，后来还制定了适于罗马人与非罗马人的国际法《万国法》。在漫长的一千多年里，古代的社会学思想有了萌芽，如柏拉图、亚里士多德、阿奎那等就开始对社会起源、社会结构、社会发展等问题进行了探讨，形成了《理想国》、朴素的社会契约说(民约论)等，但未形成后来意义上的社会学。特别是，柏拉图更有精深的社会技术思想，“他认为，在一个理想的国家中有各式各样的知识，然而，说这个国家有智慧，有妥善的谋划，并不是因为它有木匠的知识(木匠的知识只能长于建筑技术)，并不是因为它有铜匠的知识，也并不是因为它有种地的知识(种地的知识只能得到农业发达的名声)，尽管铜匠、种地的人要多得多，却只有少数监国者的知识，体现在统治者身上的治国知识，才是真正的智慧，也才配称为智慧。”[①]而起源于社会生活、社会分工、社会生产的许多需求，基于实际经验的方法，确实形成了有计划、有目的地建立国家、社会组织的社会技术。

---

① 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999 年，第 21 页。

1.1.3 近代技术

A. 近代自然技术

自18世纪中叶到20世纪初叶为近代自然技术产生和发展时期,也可称为基于工程科学的技术时期。近代自然技术以纺织机技术为起点,以“万能原动机”蒸汽机技术为标志,大约比近代自然科学的产生迟后两个世纪。在英国,从飞梭的发展到纺织机改革、从纺织机改革推动织布机机械化,而瓦特的双向通用蒸汽机提供了蒸汽动力,导致了第一次自然技术革命,或称蒸汽动力革命——能源革命,并主导了第一次自然技术革命,或称蒸汽时代。接着,炼铜技术、机械制造技术、其他材料和能源(煤气等)技术的发展,特别是热力学的发展,使内燃机技术出现了。在19世纪中叶,技术与科学的关系开始密切起来,基于科学的技术不断地出现,其中以电磁感应原理而产生的电力技术为标志的第二次自然技术革命或第二次动力革命就充分地表明了。

B. 近代社会技术

近代社会技术仍早于近代社会科学而出现了。一般地说,在18世纪已由意大利思想家维科、法国启蒙思想家孟德斯鸠开始探索人类社会秩序、社会制度、社会结构、法律制度等社会现象。孟德斯鸠使用了系统的历史分析法和翔实资料写下著作《论法的精神》;苏格兰思想家约翰·米勒和亚当·弗格森、法国圣西门等对社会不平等、经济关系、社会秩序等进行了观察和研究。后来,这些为孔德开创社会学奠定了思想基础。直到20世纪上半叶,近代社会科学(政治学、社会学、经济学、法律学等)形成了比较完整的体系。但是,由于社会科学研究的特殊性,如研究主客体均参与、社会现象的极端复杂、社会事件的随机性和不可重复性等,因而社会科学的研究极其困难,要成为一门真正的科学仍很困难。因此,与其说近代社会科学是一门科学,不如说一些学科、学说或在实际应用上属于社会技术,如法国启蒙思想家、社会学家卢梭提出的《社会契约论》、《论人类不平等的起源和基础》等成为建立以契约为基础的国家的方法或技术;美国社会学家E. A. 罗斯提出的《社会控制》成为维持社会秩序的技术,而舆论、法律、信仰、宗教、礼仪等也是社会控制的手段或技术;法律社会学实际上起着法律技术的作用,如埃尔利希发表的《法律社会学的基本原理》为法律规范奠定了基础,实际上使法律构成一种社会工程或社会技术。

1.1.4 现代技术

在现代,由于技术与科学发生强相互作用,使得技术发展成为比较完整的系统,而且愈益成为科学化的技术系统,即由自然技术、社会技术和思维技术三大类

所构成的现代技术系统,其中每一大类具有多层次结构。

A. 现代自然技术

20世纪40年代以来,原子能技术、电子计算机技术、激光技术、材料技术、能源技术、太空技术、海洋技术和生物技术等相继出现,形成第三次自然技术革命,其中电子计算机技术代替了人脑的部分智力,延长了人脑的功能,因而具有代表这次革命的、划时代的意义。

按照自然规律的性质或其功能而实现的自然过程,即技术的科学来源,可将现代自然技术的一级技术或基本技术分为:力学技术、物理技术、化学技术、生物技术等。现代各类自然技术都是这几类基本技术的不同组合,并形成了次级多种技术。从构成世界的三大要素——物质、能量和信息来考察人类的技术活动,则把技术分为:物质变化技术、能量转换技术和信息控制技术。这样,可在纷繁复杂的技术活动中发现其脉络,既能清楚地说明技术与科学的渊源关系,又能揭示技术本身的基本过程。由此,其他各类技术皆可派生出来。

B. 现代社会技术

现代社会科学有了新的发展。在自然科学研究的概念、手段、方法和模式向社会科学渗透的同时,社会科学的概念、理论和方法也在不断地发展,并向自然科学渗透。特别是,基于社会科学的社会技术正在发展。在逻辑上,与自然科学对应的有自然技术,而与社会科学对应的则应有社会技术;而且,现代社会科学也形成了多层结构,也像自然科学那样,存在着理论研究、应用研究、开发研究。“当代社会科学所表现出来的应用性质对自己结构体系的演进产生了影响。社会科学在应用过程中形成了一套社会技术。所谓社会技术,是指在经验和理论的基础上总结出的调查和研究社会问题、管理和控制社会过程的一系列手段和方法,包括社会资料数据库、社会调查系统、各种智囊机构、咨询机构等等形式。”①

C. 思维技术

在逻辑上,对应于人类改造自然,改造社会和改造人类自身的全部活动,应形成自然技术、社会技术和思维技术。思维技术是对概念等操作的程序,是人类在思维活动中形成的法则、方法等,如逻辑技术、数学技术等。

① 陈波等编著,社会科学方法论,中国人民大学出版社,1990年,第74页。

1.2 技术系统的涵义(参见《科学系统论》一书附录:系统)

1.2.1 技术的概念

"技术"一词与"科学"一词一样,人们几乎天天都会涉及到。但是,要对技术概念进行准确的陈述却马上就会陷入困境。对技术的考察可以有多种视角,因而对技术的概念就有不同的陈述。在本质上,可以认为它是人在求生存和发展中与客体(自然界、社会和人类自身)之间的关系;从社会学的观点,可以认为它是一种特殊的社会现象;从实践活动来看,可以认为它是经验的科学概括的、可操作的知识。特别还要强调,不应把实践活动过程中使用的仪器、工具、机器等,以及结果产生出来的人造物,如各类产品,视为"技术"。

在人类历史发展的漫长时期,"技术"概念的语义在不断地发生变化。在上古时代,人类为维持生存一直进行着各种活动,但还难于从实际经验中概括出"技术"概念来。有些人类学家认为,技术和科学的概念起源于信仰、原始宗教和巫术思维,巫术是技术的萌芽状态。埃吕尔也注意到巫术和技术之间的结构相似,他指出这两种活动都试图尽可能简便地达到目标。拉普却认为:"巫术和技术尽管表面上相似,但在几个重要方面还是不同的。正如卡西勒尔所强调的,这两者在人的活动,人同自然的关系,以及可能的活动范围上有着根本的区别。……不过,巫术思维虽然已开始了解自然过程的某种秩序,但它完全是用拟人说和泛灵论的词句来表达的。然而人已经从周围环境中分化出来,通过独立地创造未来事件的形象,人类向有意识和有计划地改革世界迈出了第一步。"[①]同样地,"有些人类学家以为,巫术一方面直接导致宗教,另一方面又直接导致科学,但是,弗雷泽却以为,巫术,宗教和科学是按这样的先后次序出现的。"[②]

在中古时期,"技艺"一词又在希腊出现,如希腊词 techne 表示技能。古代中国,在《考工记》中已指出:"天有时,地有气,材有美,工有巧,合此四者然后可以为良。"其中"巧"就是指工匠技术。

自近代以来,对"技术"的概念有了进一步的研究,包括从社会学和哲学的观点来研究。1615 年,在美国出现了 techology 一词来表示一直沿用至今的"技术"。1772 年,英国经济学家贝克曼在文献中使用过这个术语,是指关于工艺的学问,即关于技术的学问和理论。"1877 年,被称为技术哲学奠基人的德国地理学教授、黑格尔主义者卡普出版《技术哲学纲要》一书,认为技术发明是设想的物质体现,手是一切人造物的模式和一切工具的原型,提出了所谓'器官投影理论',并认为技术乃

① F. 拉普著,刘武等译,技术哲学导论,辽宁科学技术出版社,1986 年,第 60~63 页。

② W.C. 丹皮尔著,李珩译,科学史,商务印书馆出版,1989 年,第 27~28 页。

是文化、道德和知识进步的手段，是人类‘自我拯救’的手段。”①

在19世纪中叶之后，技术与科学相互关系越来越密切，技术的概念也随之发生了变化。在技术中越来越渗透着科学，因而形成了科学化的技术概念，即技术科学化。

1.2.2 技术的定义

给技术下定义就是揭示技术概念内涵的逻辑方法。显然，技术的定义主要取决于其内涵的变化。由于技术是一种历史现象，只有在特定的历史时期才可能概括出近似正确的概念，从而给出定义。在严格的意义上，不可能给技术下一个非历史的定义，正如尼采所说：“只有无历史的东西才可以下定义。”许多技术哲学家，技术社会学家都给技术下过定义。汤德尔认为：“技术是作为主体的人为了改变世界的某些特征以便达到一定的目的而置于自己同客观世界之间的东西。”哥特尔—奥特里连菲尔德认为：“在主观上是达到目的的正确途径的艺术……在客观上的人类活动的特定领域中所用方法和手段之总和。”在给技术下定义时，还存在着狭义和广义之分。一般地，狭义的技术是指自然技术；而广义的技术应含自然技术、社会技术，乃至思维技术。这在邦格对技术的定义中已经表明了，他认为：“按照某种有价值的实践目的用来控制、改造和创造自然的和社会的事物和过程并受科学方法制约的‘知识总和’。这个定义是根据对工程学研究的概括提出的，不过它也适用于社会技术。”②

在广义上，我们对技术作出更具有普适性意义的定义：在普遍意义上，技术是在一定的自然和社会环境中，用于实现输入集和目标集之间有向转换的可操作程序。其中，程序指，按时间先后的一系列有序工作指令；可操作指，每一指令都是确定的和可实现的，并经有限指令后转换完成。实质上，技术是关于输入、转换、输出的知识。在数学上，即是从输入A到输出B的映射$f: A \rightarrow B$，其中f是某种对应法则。

古代自然技术是以特定的目的出发，通过实践活动，不自觉地按符合自然规律的规则（天然符合劈尖原理打磨石刀）实现物质形式变换并导致人造物的经验-反复出现的粗浅知识，即造物的知识；而现代自然技术则以观念形式的周密计划开始，通过有意识的实践活动，一般地要按自然科学发现的规律制定规则，经过设定的程序（指令的集合）实现物质多种复杂形式的转换、变化、传递、位移等并最终导致人造物的系统知识。现代社会技术是以特定的目的出发，通过社会活动，应用社会科学原理形成规则，经设定的程序，最终建立人造客体制度、体制、法制等的知识。社会技术主要指管理社会的知识，这包括建立：

（1）政治体制，即政体结构形式及其具体制度表现形式，如政权组织形式有君主制、共和制、总统制、人民代表大会制等，国家结构形式有单一制、复合制等；

---

① 杨沛霆等著，科学技术论，浙江教育出版社出版，1987年，第57页。

② F.拉普著，刘武等译，技术哲学导论，辽宁科学技术出版社，1986年，第189页。

（2）经济体制，即国民经济组织形式、机构和管理方式，如何组织社会的生产、分配、交换和消费以及划分经济管理中的权限、责任等；

（3）法制，即管理国家事务的制度化、法律化，如立法、执法和守法等。

技术是与科学紧密联系但又有区别的系统化知识，同属于波普尔（Popper，KR）在“三个世界”理论中的“世界三”，即精神产物的世界：技术是造物的知识，可操作的知识，即实践理性活动的结果；科学是解释性的知识，可理解的知识，即理论理性活动的结果。它们都是社会文化的核心部分。

1.2.3 技术系统的涵义

技术系统是由相互作用的输入、运作、输出三个子系统结合成特定的结构，从而具有独自的功能并在自然和社会环境中进化的整体。

技术系统又可陈述为由他组织（拟为 heter-organition）系统与自组织（self-organition）系统相结合的系统，并可用系统的动力学方程来描述。

在自然界和社会中，组织现象普遍地存在着。在现代科学各个领域中广泛地使用着组织概念，它是指按一定的目的、任务和形式加以编制，属于一类特殊的演化过程。在逻辑上，组织是属概念（上位概念），而自组织与他组织均是种概念（下位概念），它们都属于组织的真子类。哈肯（Haken，H）认为：“自组织系统是在没有外界环境的特定干预下产生其结构或功能的。”[①]在《信息与自组织》中，他进一步地指出：“如果系统在获得空间的、时间的或功能的结构过程中，没有外界特定干预，我们便说系统是自组织的。这里的‘特定’一词指那种结构或功能并非外界强加给系统的，而且外界是以非特定的方式作用于系统。”苗东升认为：“就整个自然界及其发展史来看，自组织是基本的，他组织是在宇宙自创生后的发育进化中逐步出现的。当自然界沿着不断增加复杂性的方向进化到一定阶段，为对付不断增加的复杂性，需要分出不同层次，或分为中心部分与非中心部分，便产生了他组织。高层次对低层次，中心部分对非中心部分，必有某种他组织作用。”[②]

A. 自组织系统的动力学方程描述

在现实世界中，不同领域、层次存在着各式各样的结构、模式和形态，它们如何产生、演化，这对人类的智力予以巨大的挑战。历史上的哲学学说以思辩的方式认为，它们是“自己运动”的产物，却没有揭示其机制。只有现代系统科学中的自组织和他组织理论才能作出比较正确的回答，并可用简化的动力学方程描述。

自组织理论认为，尽管现实世界的自组织过程产生的结构、模式和形态千差万别，必定存在着普遍起作用的原理和规律在起支配作用。目前已经认识到，一系列

---

① H.哈肯，郭治安译，高等协同学，科学出版社，1989年，第3页。

② 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版社，1998年，第167页。

自组织原理起着支配作用，才使自组织形成，这包括：突现原理，即众多元素相互作用，自组织才能在整体上突现出来；开放性原理，即一个系统与外环境系统发生物质、能量、信息交换，自组织才能产生出来；非线性原理，即系统内部元素之间、系统与环境系统之间发生非线性相互作用，而且往往是强的非线性相互作用，如合作与竞争等，自组织才能出现；反馈原理，即系统行为之“果”作为影响系统未来行为之“因”，并有正、负反馈相结合，自组织才能实现；不稳定性原理，即以旧结构失稳为前提，但同时新结构又要稳定，自组织才能形成；支配原理，即系统内不同元素之间，有少数元素、变量或称“序参量”，在支配其他元素等的行为，使之协同动作，才能形成有序结构；涨落原理，即系统通过涨落越过中间势垒，触发旧结构失稳，才能产生新结构；环境选择原理，即系统的结构要接受环境的选择，只有能与环境协调共存者，才能存在着。

自组织的形成必定是系统元素之间互动互应的动态过程，应以动力学方程作为数学模型。由于自组织过程不存在特定的外部作用，因而不论连续或离散的，只能是齐次方程。对于一些简单的自组织现象，一般可以建立数学模型。自组织过程的实现有不同的方式，如自创生、自生长、自适应、自复制、自镇定、自学习等形式，以下仅对自创生和自生长作动力学方程描述。

(1) 自创生的动力学方程描述。

系统的自创生意指在没有特定的外力干预下从无到有地自我产生。这实际上是新系统产生的基本方式，即差异的整合，整体的形成。可以设想，在同一环境中，存在着大量不同的小系统、元素，因受同一环境的制约，它们在其间逐渐地发生着相互作用和回应。如果其中有 n 个小系统经相互作用，整合成一个统一体，并能区分系统内部与外部环境，这 n 个小系统就整合在一起成为具有统一的稳定定态的新系统。

首先，n 个小系统有确定的联立方程组描述它们的相互关系；然后，控制参量变化，在控制空间中搜索，一旦得到稳定定态，动力学特性就固定下来，新系统已自创生了。

在最简条件下，设环境中仅有 2 个小系统，则动力学方程分别为

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=f(x) \tag{1.1}$$

$$\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=g(y) \tag{1.2}$$

因环境的变化，两者出现了耦合，运动方程变为

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=f(x)+p(x,y) \tag{1.3}$$

$$\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=g(y)+q(x,y) \tag{1.4}$$

其中，$p(x,y)$ 与 $q(x,y)$ 表示 x 与 y 的耦合作用。在数学上，(1.3)和(1.4)构

成了联立方程组，如果在适当的控制参量范围内，这个联立方程组出现稳定定态解，就表示一个新的二维的自创生。如果一个联立方程组没有稳定定态解，意味着它不能代表一个事实上可以实现的系统，仍然只是有相互作用的不同系统。

(2)自生长的动力学方程描述。

连续系统的演化方程为微分方程，有高阶方程和一阶联立方程两种形式，并可以相互转换，而后者便于描述状态变量之间的相互作用，其一般形式为

$$\frac{\mathrm{d}x_i}{\mathrm{d}t}=f_i(x_1,x_2,\cdots,x_n) \tag{1.5}$$

$$(i=1,2,\cdots,n)$$

f_i 一般为非线性函数。解方程组

$$f_1=f_2=\cdots=F_n=0 \tag{1.6}$$

可得(1.5)的定态解。

一般地讨论(1.5)的求解问题是不可能的。非线性现象的多样性，正是现实世界无限多样性、丰富性和复杂性的根源。最简单的是一维非线性系统，动力学方程的一般形式为

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=f(x) \tag{1.7}$$

非线性函数 $f(x)$ 仍有无穷多种不同形式，(1.7)代表无穷多种定性性质不同的系统。尽管(1.5)在相当宽的条件下存在惟一解，但一般地求解此方程仍不可能。这只有当 $f(x)$ 为可积函数时，方可用分离变量法求得解析解。

在自组织系统中，最简单的自我发育和完善就是系统的元素不断增加、规模不断扩大，这就是自生长。用简单的微分方程可描述系统的自生长，贝塔朗非曾用(1.7)式来描述。设定态点为原点，并在定态点附近将 $f(x)$ 展开为泰勒级数

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=ax+bx^2+\cdots \tag{1.8}$$

忽略高次项，得(1.7)的线性近似

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=ax \tag{1.9}$$

其解为

$$x=x_0e^{at} \tag{1.10}$$

表示线性系统按指数律增长。这表示系统无限地增长，只在小范围内近似地反映真实生长。真实系统的自生长是非线性的，故必须考虑展开式(1.8)中的2次项或高次项，方能逼近真实系统的自生长。此时的方程解为

$$x=ace^{at}/(1-bce^{at}) \tag{1.11}$$

这表明了系统的有限增长律，即逻辑斯蒂增长律，为“S”曲线所示。它描述了许多领域的生长律。

B. 他组织系统的动力学方程描述

若用动力学方程描述他组织系统，必定是非齐次方程，其中外作用项代表他组织力。连续他组织动力学方程的一般形式为

$$\dot{\boldsymbol{X}}=G(\boldsymbol{X})+F(t) \tag{1.12}$$

$\boldsymbol{X}$ 为状态向量，$F(t)$为他组织力。在人体的心脏系统中，F 是起搏器施加的周期性外作用力；在人类社会中，F 是上级的指示；在技术系统中，F 代表输入子系统或运筹决策子系统的控制作用。

在非线性动力学中，强迫运动已有大量研究，为建立他组织系统的动力学描述提供了依据，如著名的杜芬方程和范德坡方程等都描述了有异常丰富内容的动态行为。

C. 自组织与他组织系统的相互转化

(1) 他组织系统的特点。

他组织过程的特点是原因与结果、指令与行动之间的作用(激励)和响应的过程，这种原因与结果、指令与行动之间的界限绝对分明，可作完全因果性的描述。他组织作用项 $F(t)$只是原因，不是结果，不遵从系统的动力学方程；状态变化只是他组织作用的结果，不会成为 $F(t)$变化的原因。在最简化的情况下，存在只有一个状态变量 x 和一个外力 $F(t)$的系统。为保证 $F=0$ 时系统是稳定的，要求系统有阻尼，即满足条件

$$\frac{dx}{dt}=-\gamma x \tag{1.13}$$

其中，$\gamma>0$ 是阻尼系数。加入外作用力 $F(t)$，可得到他组织系统的方程

$$\frac{dx}{dt}=-\gamma x+F(t) \tag{1.14}$$

实际上，(1.14)是著名的郎之万方程[①]。

取一种特定的他组织作用力

$$F(t)=ke^{-\gamma_1 t} \tag{1.15}$$

其中，γ_1，可正可负。 (1.15)满足

式中

$$\frac{dF}{dt}=-\gamma_1 F \tag{1.16}$$

取“绝热近似”假设(哈肯把物理学中的绝热消去法引入协同学中，其基本原理是绝热近似，即按热力学的观点，一个过程如果进行得非常快，以至几乎来不及与

① 苗东升编著，系统科学原理，中国人民大学出版社，1990 年，第 542 页。

外界交换能量，可近似地视为一个绝热过程，用热力学方法作简化处理），即假定系统的时间常数 $T_0=1/\gamma$ 远小于外作用力的时间常数 $T=1/\gamma_1$，这表明，系统的过渡过程十分短暂，可略去不计，只利用定态，即状态量的变化为 0，$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=0$，即

$$-\gamma x+F(t)=0 \tag{1.17}$$

求得

$$\boldsymbol{X}=\frac{1}{\gamma}F(t) \tag{1.18}$$

这表明，系统的终态（定态）完全由外作用力 $F(t)$ 决定，即他组织系统的特点：系统的行为 x 与外部的干预 $F(t)$ 同步变化，x 受 $F(t)$ 的支配或控制，阻尼系统数 γ 是控制参量。

(2) 他组织系统向自组织系统的转化。

在实际的系统中，他组织力 $F(t)$ 在系统运行中要受到反馈信息的反作用。如指令系统要因反馈信息而修改，对飞行器的控制要受运行状态的反馈信息而加以调整。这表明，$F(t)$ 要受系统行为结果的影响，即受系统动态规律的影响。(1.12)和特例(1.14)都未计及 $\boldsymbol{X}$ 的变化对 $F(t)$ 的影响。在《协同学导论》一书中，哈肯提出："为描述自组织现象显然要把外力作为整个系统的一部分……"[①]在数学上，就是要把 $F(t)$ 也作为状态变量，并与其他状态变量相互作用，共同遵守系统的动力学方程。这样，就把他组织系统的方程转变为自组织系统的方程。一般地，一个 n 维他组织系统，若将外力作为状态变量的一维，则转化为 $n+1$ 维空间中的自组织系统，如将杜芬方程化为等价的三维系统[②]；若减少一维，则自组织系统变为他组织系统。

令 x_1 记 $F(t)$，仍取特定形式(1.15)；x_2 代表原状态变量，阻尼系数记为 γ_2，他组织系统(1.14)可表示为

$$\frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t}=-\gamma_1 x_1 \tag{1.19}$$

$$\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t}=-\gamma_2 x_2+x_1 \tag{1.20}$$

在式(1.19)中忽略了 x_1 与 x_2 之间的相互作用项 $h(x_1,x_2)$。把这一项考虑进去，如取 $h(x_1,x_2)=ax_1x_2$，则得到

$$\frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t}=-\gamma_1 x_1+ax_1x_2 \tag{1.21}$$

$$\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t}=-\gamma_2 x_2+x_1 \tag{1.22}$$

---

① H·哈肯，协同学导论，原子能出版社，1984 年，第 245 页。

② 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版，1998 年，第 171、172 页。

只要这两个联立方程有稳定定态解，就代表一个自组织系统。仍取“绝热近似”假设，即

$$\gamma_2 >> \gamma_1 \tag{1.23}$$

可利用$\frac{dx_2}{dt}=0$，近似地求解(1.22)，得

$$x_2(t) \approx \frac{1}{\gamma_2} x_1(t) \tag{1.24}$$

这表明，x_1 是序参量，支配 x_2 的变化。

实质上，(1.18)与(1.24)的意义相同。在他组织系统中，外力起支配作用；在自组织系统中，序参量 $x_1(t)$起支配作用。这表明，两者在本质上有着联系。当把他组织系统转变为自组织系统时，外力就变成序参量；反之，当把自组织转变为他组织时，序参量就变为外力。

由上述表明，哈肯对自组织系统与他组织系统作统一的理论描述的合理性。

D. 技术系统是他组织与自组织系统相结合的系统

技术系统由输入子系统、运作子系统和输出子系统组成的整体。在这一复杂系统中，输入子系统对其他两个子系统而言是他组织力，这时，就作为三维整体系统而言，起支配作用的外力转变而成的“序参量”，仍是自组织力，因而技术系统是自组织系统。若将输入子系统作为外部他组织力或控制力，而另外两个子系统成为内部一维系统，内部系统就是自组织系统，这时技术系统就变成外部和内部构成的二维系统，正如方程(1.12)描述的由外力决定的他组织系统。

在复杂的技术系统中，既存在着他组织性，同时也存在着自组织性。而且只有在系统内部形成他组织与自组织的结合，才能产生更高级的组织形态。一个具体的比较复杂的技术系统一旦被创造出来，便能自动地组织自已的运动，他组织作用要通过自组织力起作用，如克隆技术等都要通过生物自组织机制才能达到预定目的。在更复杂的社会技术中，同时应用自组织与他组织结合，如上层对下层的控制作用，对子系统来说就是他组织力产生的作用，而对整个系统来说仍就是自组织力产生的作用。在整体上，他组织实质上要建立在自组织运动之上才能发展起来。因此，在本质上，技术系统是他组织与自组织系统相结合的系统。

(1) 输入(运筹决策)子系统。

主要由目标、计划、方案、决策等要素构成，又称为输入子系统。目标是运筹决策系统的中心，使系统各要素结合成为一个整体，以一种信息形式指向系统未来状态。在目标指引下，制定周密的计划，包括客观约束条件、资源配置、排序等，再作出决策，即系统进入运作系统或实施系统之前的输入系统。输入系统起着控制作用，是一种他组织力，是一种起支配作用的外力。但是，对整个技术系统而言，即当把他组织变为自组织时，这种外力应变成对系统起支配作用的“序参量”。为描述

自组织现象，显然要把外力作为整个系统的一部分。因此，对整个技术系统而言，输入（运筹决策）子系统就是整个系统的一部分。

（2）运作子系统。

主要依据技术原理，即合目的的规律性，按可实施操作的规则，通过由时间维控制的从始至终的程序，即指令集，含精细步骤，利用中介手段，实现主体与客体相互作用，经客体状态发生变化、转换的过程，即达到目标之前的转换系统。

（3）输出子系统。

最终实现了人的目的，达到了目标，即导致人造客体或人化世界：分为物质性客体和精神性客体，前者称为人造物或人化自然系统；后者称为人建事理系统，如人建立的社会制度，如经济体制、政治体制、法制等。人化产物为人所用，其功用、效果、价值等是否真正符合预计目的，将反馈至运筹决策子系统，导致技术系统的演进。这表明，起支配作用的运筹决策子系统要依据运行状态的反馈信息而加以调整，作为原因的外力要受系统行为结果的影响，即原因与结果产生相互作用。

1.3 技术系统的特性

1.3.1 层次性

系统的层次性是一个系统本身的规定性，是系统的一种普遍特性。在多层次系统中，子系统是按层次划分的。“层次是从元素质到系统整体质的根本质变过程中呈现出来的部分质变序列中的各个阶梯，是一定的部分质变所对应的组织形态。”[①]技术系统具有多层次结构，这表明其从简单向复杂、从低级向高级的发展状态。人工设计的技术系统，从各个要素、各个子系统到系统的组合，都必须要求层次分明。高层次包含低层次，高层次支配低层次。层次不同，其属性、结构、功能也不同。从总体上说，系统是朝着复杂性方向演化，层次愈多，其属性、结构、功能就愈复杂。只有层次分明的技术系统，才能进入正常的运行状态。

1.3.2 动态性

各类系统的动态特性或进化特性普遍存在着。同样地，技术系统也具有动态特性，即系统的状态随时间不断发生变化的特性。技术系统在进化中，层次性、复杂性都在不断地增加着，总体结构和功能也在递增着。技术系统进化的终极动因在于各元素、各子系统、各层次之间的相互作用，关键是非线性相互作用。在技术史上，各技术子系统之间相互依赖、相互作用，形成了内在动力。如飞梭技术推动了纺纱技术、纺纱技术引起织布技术机械化，纺织技术进一步发展引起蒸汽动力技

① 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版社，1998年，第36页。

术为主导(类似在科学中的“带头学科”一样)的技术群,包括钢铁冶炼技术、制造技术、材料技术等,以致引起内燃机技术的出现。“因此,现代技术必然具有一种可以积累和强化的内在机制,工程技术的个别措施在总体上导致一种连续的、不可阻挡的技术化过程。正是这种内在动力可以说明技术从工业革命开始以来二百年内几乎爆炸性增长的原因。”“各种技术子系统之间的这种密切的相互关联决不是偶然的……技术的系统性,即不同的子系统客观上是互相联系的,会造成现代技术的自我扩张,因为每一项革新都同时引起直接的预期后果和间接后果。”①技术系统与环境之间的相互作用形成了进化的外在动力,这主要表现为社会系统对技术产生的影响,制约技术发展的速度、规模和方向。技术系统的动态特性由动态系统理论进行描述,通常用系统演化方程描述。

1.3.3 整体性

凡系统都具有整体的特性,包含整体的结构、行为、功能等。技术系统也具有整体的特性,并具有整体突现性,即整体具有部分或部分总和所不具有的特性、高层次具有低层次所不具有的性质,或者说,整体质具有非加和性。“整体不同于部分和”这一命题表明了整体突现性,在数学上则内蕴着一种整体性的形式特性,即描述系统各元素按某种方式相互联系而产生强相互作用形成整体的数学方程是非线性的,其解不等于解的迭加。任一技术系统都由元素、子系统按一定方式相互联系而显示出整体突现性,如一堆机器零件按一定的程序组装起来,则显现出特殊的功能,产生出整体效应,单个元素则不能产生这种效应。

1.4 技术系统与科学系统

技术系统与科学系统是两个最密切的、相互区别又相互依赖的系统。实际上,科学技术系统就是由技术系统与科学系统这两个子系统相互联系而形成的系统。

此外,从系统与环境的关系划分,又可将技术系统与科学系统视作互为环境的关系。在不同历史时期,技术系统与科学系统发展的状态不同,其间的关系也不同,而且十分复杂。

1.4.1 相互区别

两者在研究的客体、主体、方法、结果、目的、评价等方面存在着差异。

在科学系统中,研究的客体是自然界、人类社会、思维和符号(如数学、语言学等的研究对象)等;研究的主体的科学家,或称科学共同体;研究的方法一般地采用实验、理论和计算;研究的结果是对客体的认识而形成的系统知识,表现为科学概

① F·拉普著,刘武等译,《技术哲学导论》,辽宁科学技术出版社,1986年,第117~119页。

念、定律、理论，即具有逻辑结构并经一定实验检验的概念系统，还包括不可检验、不可重复实验的新型理论，以及各门学科和多门类科学，含基础科学和应用科学，其评价标准只有正确与谬误之分，它们回答客体是什么、为什么；研究的目的是科学发现、规律的揭示，理论的建立，扩充正确无误的知识。科学具有多种功能，主要表现在认识、文化、教育等方面的功能。

在技术系统中，首先始于主体工程师、设计师，对包括自然界、人类社会和思维改变和控制的目的，制定计划、方案，作出决策，按照规则和运作程序，通过中介即手段和方法实施改变和控制客体，最终形成原尚不存在的人造物或人化自然界和社会事物，如体制、制度等；直接的目的是技术发明或制度创新；所回答问题是做什么、怎么做；评价的标准是成功与失败，实用与不实用，有效与无效；具有多种社会功能，含经济、军事、文化等方面。

1.4.2 相互联系

两者紧密联系、共生一连续体，其一端集中地表现科学的性质、结构和功能，另一端集中地表现技术的性质、结构和功能；两者要素的交集在增多、相互作用面在不断地扩大、而强度也在增加；两者相互作用、相互推动成为整个科学技术系统进化的内在动力。

在不同历史时期，两者的联系和相互作用存在着差异；在古代，科学与技术相互关系并不密切，从事科学往往是学者的活动，掌握技术则是工匠的实践活动，以至形成了“学者传统”与“工匠传统”，使得两者各自沿着不同的道路发展；虽然，两者都有相互作用，但其中主要是技术对科学特别是实用科学的推动作用，而科学对技术的影响甚微。在近代，特别是在 19 世纪中叶以来，两者的关系越来越密切，以至发生了根本性的变化；科学越来越走在技术发展的前面，一系列重大技术的进展，几乎都首先在科学上取得突破后才转化为新技术，其中技术原理在这种转化过程中起着不可缺少的中介作用。在现代，两者的关系则更为密切：“现代技术兴起的第二个前提可以看作是适当的研究方法论，它的一个决定性因素是科学和技术之间的互相补充。”[①]在未来，两者将互相依存，更多地发生融合，以至朝着一体化方向发展，科学高度技术化，技术高度科学化；特别是，未来技术就是科学化的技术，而未来科学也将是技术化的科学。

正是科学技术系统内部的科学子系统与技术子系统的相互作用，导致其空前的加速发展；加之，人类社会的发展和出现的社会危机正在呼唤着新的科学技术。

---

① F·拉普著，刘武等译，技术哲学导论，辽宁科学技术出版社，1986 年，第 120 页。

1.5 技术系统与工程系统

技术系统与工程系统也是极其密切而又相互区别的两个系统。中国古代在涉及庙宇、桥梁等建造时早就应用了“工程”一词；现代经常采用“工程”一词多与英语词“engineering”同义。各类工程，特别是巨大工程也都是极其复杂的系统。

1.5.1 相互区别

相对技术系统而言，工程系统是更具有目的、有计划、有组织、大规模的人工系统，而把技术系统作为实现人工系统的手段和方法。

人类在改造自然、社会和自身的实践活动中，总要制定各类计划，特别是产生重大影响的多类大型计划，这实质上就形成了各类工程系统：大型科技工程系统，如曼哈顿计划、登月计划、人类基因组计划、日地物理计划等，中国“两弹一星”计划等；改造自然工程系统，如建造地下通道、地下商场、运河、水坝、沙漠“绿洲”、海洋“绿洲”、空间站等；社会工程；教育工程等。

工程系统异于技术系统还在于：它有更特定的目标，更有严密的计划；每个工程系统各不相同，具有专一性，几乎不存在着重复性；要利用多种技术，以至多类技术系统，而且要求是可靠的现实技术系统；任一工程系统都具有综合性；对于任一工程系统，从设计到实施，一般地不允许失败直到工程系统全部实现；因而任一工程系统不带有试验性。

1.5.2 相互联系

技术系统与工程系统因同属于人类在改造自然、社会和自身的实践活动中所形成的复杂系统，而且它们只有紧密结合，才能有效地实现人类的多种目的。人们通常采用“工程技术”、“生产技术”等词，这实质上就是指在工程和生产中的各类技术，在工程和生产中必须依赖各类技术。

先进的技术系统与浩繁的工程系统必须是相互联系的。一般地，各类技术系统发展的水平将决定工程系统所能达到的水平，而任一工程系统所能达到的水平，既取决于相关技术系统的水平，又取决于综合地、合理地组合或集成相关技术系统的水平。

1.6 技术系统观

当采用系统理论的观点，就能从普遍存在的种类繁多的系统中抽象出一个极其复杂的技术系统。这个系统是与科学系统关系最为紧密的一个相关系统。技术系统观则就是对技术的基本观点，对技术自我认识的升华。技术系统观则是技术

观与系统观的融合，即以系统观透入技术观而形成的观点。当持这种观点，将能系统、全面地透视技术的全景。

只有坚持技术系统观，技术的基本特性，如整体性、层次性、动态性、自组织与他组织性，才能充分地显现出来。特别要强调，技术系统必须是自组织与他组织相结合的系统，而且总由他组织控制自组织，惟此才能形成更高级、更复杂的组织形态。一个技术系统一旦形成，就会按其自身的规律运动，这称之为自组织运动。它表明，他组织力要通过自组织力才能起作用。"哈肯常把激光器看作处于自组织与他组织边界上的系统，因为尽管在控制参量达到相变阈值时，原子之间的协同动作是自行组织起来的，但控制参量到达阈值是人工控制的。"[①]无论是自然系统还是社会系统也都是自组织与他组织的有机结合，这就是说，在自然界和人类社会进化过程中形成等级层次，上层对下层就存在着他组织作用，而对于整个系统来说，则表现为自组织作用。

只要坚持技术系统观，则易于分辨技术系统进化的内在动力和外在动力，从而指明"自主技术论"与"技术的社会建构论"各执一端的局限性。强调这种观点，就是把技术系统进化的终极动因归之于相互作用：内部各元素、各子系统、各层次之间的非线性相互作用，则是产生内在动力的终极原因；而系统与环境（含自然环境和社会环境）之间的相互作用，如互动互应等方式，则是产生外在动力的原因。系统的进化有不同方向：主要朝着前进的方向，即由低级组织水平到高级组织水平发展；而且也存在着相反的方向，即朝着后退方向发展。系统的进化有其自身的规律：存在着一些简单的易于发现的规律，并可进行数学描述，如经常用著名的逻辑斯蒂方程表示事物的进化，包括描述经济、文化、生态等领域的动力学现象，同样地也能描述技术系统的进化；对于通常是非常复杂的现象，不易发现其变化规律，更无法进行定量的描述，而只能进行定性的描述，如大体上表述为朝着增加复杂性、增多层次性方向进化的规律。

当确立起技术系统观，就易于判断争论不休的"自主技术论"与"技术的社会建构论"的弊端。其一，以J.埃吕尔(Ellul)为代表建立的自主技术论，强调了技术内部存在着固有的逻辑和规律，提出了"技术自主性"、"技术系统"和"技术社会"等概念，有着重要的意义。但是，这种理论的核心思想走上了片面性，以至发展到了错误的极端方向，甚至提出"技术摆脱社会控制"，"应当不受任何外部力量的控制"，"存在着不依赖外界条件而发生变化的内在规律"等。实质上，自主技术论是一种技术决定论。这种理论的错误已由F.拉普指出："可是任何简单化，尽管有其实用性，但由于把技术说成是自主的主体，实际上描绘了一幅根本错误的图景。这种人格化的重大错误是它给人带来技术只服从无情的自然定律而无须人类介入的印象，因而造成严重的后果。例如，埃吕尔就一直把技术说成是自主能动的主体。他

① 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版社，1998年，第170页。

必须合乎逻辑地得出十分消极无所作为的结论，即人孤立无援地面对着吞没一切、侵占和剥夺一切的技术恶魔。"[①]这种理论的错误还在于：未能全面地考虑技术发展要受内、外两种动力的作用，技术系统必须适应外环境产生的压力，改变组分特性和结构，获得新的整体特性和行为，以适应环境；技术系统必须是自组织与他组织的结合，外界的特定干预，如指令、诱导、限定边界、条件约束等，就是他组织作用，即施行控制；技术系统发展的方向、规模、速度等都要受到社会的调控，以朝着合目的性方向进化。其二，以 T. 平奇(Pinch)和 W. E. 比吉克(Biker)为代表提出了"技术的社会建构论"，又走上了另一个错误的极端方向。这种理论强调，每项技术，每件技术人物，自它们的构思、设计直到投入市场，其中包括不同方案之间的竞争、选择、演化与稳定化，都是由社会决定的；更具体地说，是由相关的社会群体建构而成的；而且，还明确地拒斥技术决定论。必须指出，这种理论片面地夸大了社会群体或发明家共同体的决定性作用，而未充分地认识到技术系统自我强化、进化和积累的内在逻辑。F. 拉普认为："技术进化和生物进化都可以被看作是有着'内部'程序的自组织系统，为了选择结构和建造材料，它们能够利用世界上的任何东西。"[②]因此，任何社会群体都必须准确地顺应自然界本身的永恒法则，在符合自然规律的范围内才能起作用，如克隆技术，只有通过生物自组织机制才能实现。这就是说，对于技术的社会群体建构必须与其自组织性相结合。

我们惟有确立起技术系统观，才能始终注视到技术系统内部各要素之间、各子系统之间，以及系统与外部环境之间的非线性相互作用。正是存在着这种相互作用，才使得技术系统具有复杂的多等级层次结构、表现出行为和功能、向高层进化，以及自主地适应外环境的变化。惟其如此，才不囿于传统的认识论和方法论，包括一些技术哲学，从而形成系统认识论和方法论。

我们推崇技术系统观，就能拓展视野，从多维度透视技术系统，避免片面性，如在"自主技术论"与"技术的社会建构论"的极端之间保持必要的张力。特别是，把技术系统视为他组织与自组织结合的系统，并可进行统一的动力学描述。

我们坚持技术系统观，还在于与科学系统观紧密相关而形成完整的科学技术系统观，从而揭示出科学系统与技术系统之间的强相互作用，如相互依存、相互促进、相互补足等。这就表明了自 19 世纪中叶以来，科学技术系统之所以能够加速发展的内部动因。同时，还要把科学技术系统置于社会文化系统以从一个更为广阔的文化和社会环境母系统中来进行考察，才能揭示出在内、外两种动力的共同作用下朝着合目的性方向发展的规律性。

---

① F·拉普著，刘武等译，技术哲学导论，辽宁科学技术出版社，1986 年，第 121～122 页。

② 同上，第 111 页。

李喜先

2. 技术系统的结构、功能和环境

凡系统都有结构和功能，并与外部一切事物发生千丝万缕的联系，从而形成自己的环境。这些都是理性抽象结果所形成的基本概念，而且可表现为感性的形象，如建立一些理想化的模型等。为了认识技术系统的结构、功能和环境，首先要研究一般系统的结构、功能和环境。

2.1 一般系统的结构

一般系统的结构是一种模型，是为了解释观察到的活动而建立的模型，是从内部描述各要素一系列相互联系的运动的有序集合，即各要素之间相对稳定、有一定规则的联系方式的总和。结构形式千差万别，但基本形式有空间结构、时间结构、时空结构、深层结构与表层结构、硬结构与软结构等。

空间结构是指各元素在空间上排列组合形成的稳定结构，表示系统的广延性；时间结构是指系统依时间的进程所呈现出有规律、有秩序的变动性，如地月系统的周期性运动等。而时空结构呈现出时间结构与空间结构的统一，即在有空间结构的同时显示出时间结构，如树木的年轮在空间上一圈表示时间上一年、B-Z(Belousov-Zhabotinsky)反应中呈现出颜色相间的同心圆。深层结构是指比较稳定的结构，如社会系统的制度；而表层结构则易变，如社会系统中的体制；一般地，深层结构总是决定着表层结构。硬结构是指有空间排列、框架建构形式；而软结构是指经常性的关联，特别是信息关联等。

在元素众多、结构复杂的系统中，要区分元素与子系统。元素具有基元性，即不可和不需要再分的单元；而子系统自身还有结构和整体特性，是元素之间按一定方式更紧密联系、具有相对独立性的成团现象，即

“S_i 被称为 S 的一个子系统，如果它同时满足条件：

① S_i 是 S 的一部分；即 $S_i \subset S$；

② S_i 本身是一个系统……

设系统 S 被划分为 n 个子系统 $S_1, S_2, \cdots, S_n$。正确的划分应满足以下要求：

① 完备性　　$S = S_1 \cup S_2 \cup \cdots \cup S_n$　　(2.1)

② 独立性　　$S_i \cap S_j = \varnothing$(空集)，$i \neq j$　　(2.2)

划分子系统，确定子系统之间的关联方式，是刻划系统结构的重要方法。"[①]但是，当考察一个系统的某部分时，只需当作最小结构单元，无需当作子系统时，则仅视其为元素。在多层次复杂系统中，用子系统和层次来刻划系统的结构至关重要。要特别强调，一个系统的层次划分与部分划分不能混淆，因为一个系统除去了某一层次，其他层次就无法存在下去，如除去了原子层次的物质，则分子层次就无法存在，而且基本粒子层次也无法存在了；而一个系统的不同部分是彼此独立的，若除去了某一部分，其他部分依然存在着，如在太阳系行星层次中除去一个行星，其他行星依然存在着，行星层次也存在着。

一般系统层次结构的状态标志其复杂性的程度，层次增多代表着复杂性的增加。苗东升在《系统科学》一书中提出："复杂系统不可能一次完成从元素性质到系统整体性质的涌现，需要经过一系列中间等级的整合而逐步涌现出来，每个涌现等级代表一个层次，每经过一次涌现形成一个新的层次，从元素层次开始，由低层次到高层次逐步整合、发展，最终形成系统的整体层次。"[②]一般地说，简单系统无需划分层次，而复杂系统必须划分层次，以至较大的子系统也要再划分层次。因此，认识一般系统的结构，尤其要分析其层次结构，因为层次结构构成了在元素整合为系统整体层次的过程中涌现出等级的一个"参照系"。

H. A. 西蒙和 R. 罗森用数学证明，分层形成系统比由元素直接形成系统的概率要大、速度要快，而且能够发展到相当稳定的程度，足以经受住环境的干扰和破坏。这是系统具有层次结构的内在原因，表明任何系统从简单到复杂的发展过程是分阶段、分层次的，是系统演化的时序结构。因此，层次结构揭示了自然界和社会的演化图景。

一个系统是否要再划分子系统，主要不是取决于有多少元素，而在于元素种类的多少、联系紧密的程度和联系方式的复杂性。一些系统的元素虽多，但仅有非常单一的相互作用方式，就没有必要再划分子系统；而另一些系统的元素虽少，但元素间联系紧密而结构复杂，就有必要区分出不同的子系统，以便分别地加以分析。

要全面地认识系统结构，还要了解系统的构成关系，即那些能把全部元素都联系起来形成系统并能产生整体新质的关系；同时，还有其他的非构成关系。

2.2 一般系统的功能

系统功能反映着系统与环境之间的关系。为了认识一般系统的功能，首先要了解系统的行为：一般系统的行为是指其相对于它的环境产生的任何变化。这些变化属于系统自身的变化，并会对环境产生影响，因而是可以从外部探知的一切变

① 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版社，1998 年，第 33～34 页。

② 许国志主编，系统科学，上海科技教育出版社，2000 年，第 22 页。

化。一般系统在内部相干和外部联系中表现出来的特性和能力称为性能，而系统行为所引起的环境中某些事物(功能对象)的变化，称为系统的功能。性能与功能既有区别又有联系，性能是功能的基础，为发挥功能造成了可能性，功能是性能的外化，每种性能都可能被用来发挥相应的功能。而且，只有在系统行为过程中，才能呈现出功能来，并可通过系统行为引起外部事物的变化来衡量。系统性能具有多样性，从而可以发挥出相应的多种功能。

系统功能表达系统结构的目的性，并且是检测系统结构的尺度：系统接受外部的物质、能量和信息，形成输入集；经过转变，即加工、改造和处理等，使之变成另一种新形态的物质、能量和信息，形成输出集。还有一种观点：这种从输入集必须按照一定的转换规则或转换方式，才能完成向输出集的转换，这种转换方式就是系统功能，转换方式的效果优劣表现出功能的高低。

一般系统的功能具有层次性，特别是复杂系统的功能还具有多层次性。相对地说，一个子系统与整体系统的关系就是一个系统与一个更大的环境系统的关系。一个子系统的变化就会对整体系统产生影响，如对整体系统的生存、存续和发展作出的贡献。在整体系统中，可将各个子系统产生的不同功能划分出来，构成不同的功能子系统。这种划分及其有规则的相互关联方式，称为系统的功能结构。复杂系统都有自己的功能结构，如人体系统中的器官、社会系统中的部分组织等都具有典型的功能结构。

2.3 一般系统的环境

系统环境是指与系统发生联系和相互作用而又不包含在系统内的一切事物组成的整体，即为系统提供输入或接受它的输出的各种要素的集合。在广义上，“令 U 记宇宙全系统，S 记我们考察的系统，S' 记它的广义环境，则

$$S'=U-S \tag{2.3}$$

实际上，不可能也无必要列举 S 和 S' 中的一切事物的联系。狭义地讲，S 的环境，记作 E，是指 U 中与 S 有不可忽略的联系的事物之总和，即

$$E_s=\{x\mid x\in U \text{ 且与 } S \text{ 有不可忽略的联系}\} \tag{2.4}$$

……只要 $S\neq U$，它的环境就不是空集

$$E\neq\varnothing \tag{2.5}$$

但环境的划分有相对性。”[①]在不同的研究目的下，对同一系统的环境划分也不相同。

一般地说，某一系统的环境就是一个更大的系统，因而环境具有系统性，常被称为环境超系统；环境的复杂性是导致系统的复杂性的重要根源。在环境中的事

① 苗东升著，系统科学精要，中国人民大学出版社，1998年，第38页。

物发生的相互联系弱于系统内部的相互联系，因而在某种程度上，环境具有非系统性。环境既有定常性又有变动性，既有确定性又有不确定性，这对系统的存续、运行、发展各有利弊。系统的结构、行为等对环境有依赖性，在一定条件下，系统只有涌现出特定的整体性以适应环境，才能与环境形成稳定的依赖性。

一切事物都以系统的方式存在着，把系统与环境划分开来的界限，形成系统的边界。在空间结构上，边界是把系统与环境分开的所有点的集合；在逻辑上，边界是系统构成关系从起作用到不起作用的界限。有一些系统的边界并无明显的形态，还有一些系统的边界模糊，复杂系统的边界还可能有分形特性，一系统与其他系统的边界相互渗透。

系统环境是一个系统存在和发展的基本条件。没有环境，一个系统就无法活动，也无法显示其功能。环境给一个系统有两种相反的作用或输入，即积极的和消极的作用；反之，一个系统对环境也有两种相反的作用或输出，即积极和消极的作用。一个系统与环境的相互作用是通过物质、能量和信息交换而实现的。

2.4 一般系统的结构、功能、环境之间的关系

系统的结构与功能是相互依存的，结构是功能的基础，功能是结构的表现。一般系统的元素、结构和环境共同决定系统的功能：只有具备一定性能的元素，才能构成一定功能的系统；相同或相近的元素，按不同结构构成的系统，则功能各异；环境不同，对功能产生不同的影响，以致引起功能的差异。功能对结构有反作用，使结构发生变化。结构与功能是同步术语，它们描述了系统中时不变性的一面，即相对于瞬时动态变化而言，具有渐进性变化或慢变化。费尔南多·科尔戴(Fernando Cortes)等在《社会科学的系统分析方法》一书中，对系统的结构和功能等进行了详细的阐述。他们认为："结构和功能构成了系统的静态平衡或者说构成了它的同步性：由于结构与功能都无变化，所以它们运行是共生或同步的……渐进性一词专用来描述结构变化，也就是系统转换社会进程方式的变化。渐进性变化即结构的变化，也就是系统的变化。"[①]这表明，渐进性变化一旦发生，新的结构就会出现。虽然，系统的结构与功能都是相对稳定的，但功能与结构相比，功能还是相对活跃的。

2.5 技术系统的结构

技术系统有着复杂的、多层次结构。首先，在技术系统的元素之间形成相对稳

---

① 费尔南多·科尔戴等著，孙永红等译，社会科学的系统分析方法，中国社会科学出版社，1990年，第13页。

定的、有一定规则的联系方式，然后逐级组成垂直结构。这是经由自组织而形成系统的过程，其基本结合方式是分层次形成的，即先由元素组成子系统，再组合成系统，然后再组成高一级的系统，以至逐级一层层地产生下去。技术系统是由运筹决策子系统、运作（转换）子系统和输出子系统形成的稳定结构，而子系统又含众多元素组成的相对独立的结构。

技术系统（均指一般技术系统）有着复杂的结构，其基本形式包括空间结构、时间结构、分层结构、硬结构和软结构等多种多样的结构。同样地，自然技术、社会技术和思维技术也各有纷繁的结构。

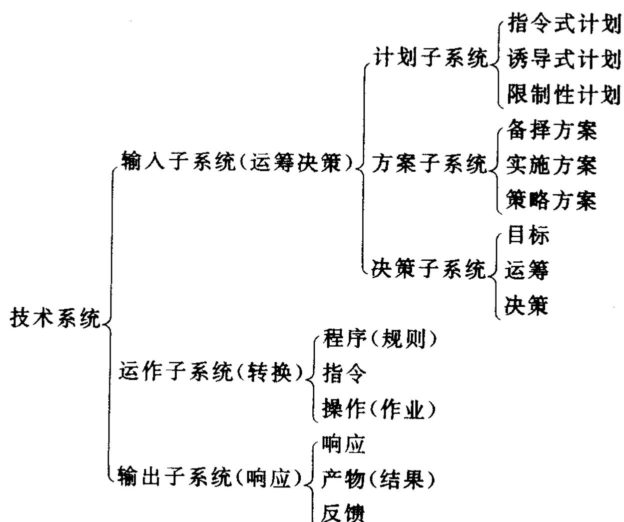
技术系统的结构是由众多的元素相互联系、相互作用而组合成相对稳定的形式，其中一些元素相互联系更紧密，从而形成了三个子系统，即输入子系统（运筹决策子系统）、运作子系统、输出子系统。一般地，各类技术系统都应含有这三个子系统，并有多种形式的结构。

A. 空间结构

技术系统的空间结构是指输入子系统、运作子系统和输出子系统三者之间在空间的排列分布方式。这种空间结构只有在抽象空间才有意义，如以三者为坐标张成的状态空间，而无法进行几何空间的直观描述。对这种抽象空间进行软结构描述可能更为合理，因为在三者之间有着紧密关联，最主要是物质、能量和信息关联。

B. 层次结构

技术系统具有三个子系统，而每一个子系统又由多个低一级的子系统和元素组成，形成一种垂直结构，如下表所示：



（1）输入子系统。

技术系统的第一个子系统——输入集，是社会属性所确定的有目的的技术活动的起点。但是，这种目的是一般性的目的，与生产和工程的专一性、特殊性目的不同。实际上，输入子系统就是控制系统，是典型的他组织系统。这个子系统又由低一级多输入子系统组成，而环境系统对技术系统的一切影响都应归结为输入子系统，这些主要包括计划、方案和决策等子系统。其下还可细分为若干低一级元素。输入子系统所含第一个子系统是计划，任何计划首先都应有目的性。控制也是一种有目的性的活动，追求和保持那些合目的的状态，引起被控对象的行为朝着合目的性的方向变化，并总是以信息形式发挥作用，实现控制目标。他组织作用就是通过计划实现外界的特定干预：第一种是指令式的强制性干预，如施行指令性计划，下达命令等；第二种是诱导式的干预，如指导或引导性计划，主要靠方针、政策等；第三种是限制性计划，主要设置边界条件进行干预，以及靠法律、条例等规范。在计划中，目的性不但是始点，而且要贯穿于计划实施的全过程，并以目的的实现即达到目标为终点。这种目的性完全以信息形式存在于他组织系统中，即存在于主体或技术共同体之中，包括技术专家、工程师、设计师、各类指挥人员、各层领导人等进行人工和事理活动过程的头脑之中。马克思对人类在技术活动或其他劳动过程中的目的性有深刻的论述："蜘蛛的活动与织工的活动相似，蜜蜂建筑蜂房的本领使人间的许多建筑师感到惭愧。但是，最蹩脚的建筑师从一开始就有比最灵巧的蜜蜂高明的地方，是他在蜂蜡建筑蜂房以前，已经在自己的头脑中把它建成了，劳动过程结束时得到的结果，在这个过程开始时就已经在劳动者的表象中存在着，即已经观念地存在着。他不仅使自然物发生形式变化，同时他还在自然物中实现自己的目的，这个目是他所知道的，是作为规律决定着他的活动的方式和方法的，他必须使他的意志服从这个目的。"① 这表明，目的性不仅在计划中具有中心的地位，而且在输入子系统乃至整个技术系统中也是最基本的元素。输入子系统所含第二个子系统是方案，它是计划的深入和细化，即要制定出多种备择方案、实施方案和策略方案等。输入子系统所含第三个子系统是决策，即在多个不同备择方案中作出选择其一的决定——选定一个行动方案。在目的指导下作出计划，然后在目标的指引下进行运筹，即决策前的全部谋划、策划，运筹的结果必须不失时地、甚至带有风险地作出决策。因此，可以把输入子系统归结为运筹决策子系统，李伯聪在《人工论提纲》一书中认为："运筹决策是实践理性的最高表现。"②

在技术系统的内部，各子系统之间发生着复杂的相互作用，其中相对于运作子系统和输出子系统而言，输入子系统就是他组织系统，是对其他两个子系统施加控制作用的运筹决策子系统，即起支配作用的"序参量"。因此，整个技术系统是自组

① 马克思，资本论，第一卷，人民出版社，1975 年，第 202 页。

② 李伯聪著，人工论提纲——创造的哲学，陕西科学技术出版社，1998 年，第 56 页。

织系统。

(2) 运作子系统。

技术系统的第二个子系统，是实现他组织系统与自组织系统相结合的子系统。输入子系统是他组织系统，就是施加控制作用力的系统，是主体的意志、目的和主观能动性的体现，还属于精神性活动，而只有进入运作子系统，即进入自组织系统，才能使为达到目的的计划变为现实。在运作子系统中主要含程序、指令和操作等，其中程序是在计划指导下而制定的指令或规则，可细化到规程、法规、条令、守则、规定、章程乃至法律等；程序实际上是一系列有序步骤的指令集；操作或作业是经过中介(手段、方法等)与客体相互作用，这种作用受客观规律(自然的和社会的规律)的支配，即自组织过程，实现物质转换或事理处理。而且，只有在人们的意愿服从这一子系统本身固有的规律时，才能产生出预期的结果，使客体状态发生合目的的变化。

(3) 输出子系统。

技术系统的第三个子系统，它能对输入子系统和运作子系统作出响应，最终实现了人的目的，达到预定的目标，形成了人造客体，包括物质性客体和精神性客体。输出子系统是否按他组织作用或输入控制作用而达到预期的控制目标，要作出度量是很复杂的问题。为了在输入子系统的控制作用下使整个技术系统的状态发生合目的变化，必须采取多种控制方式，如自组织控制、递阶控制、随机控制和反馈控制等。

C. 时间结构

技术系统在运行过程中呈现出来的内在时间节律或系统组分在时间流程中的关联方式，称为技术系统的时间结构。技术系统的运行过程按照时间序列进行，输入子系统、运作子系统和输出子系统就是依照时间序列运行的，其子系统内部也同样地呈现出时间结构。

2.6 技术系统的功能

技术系统的行为是相对于它的环境(如大的文化系统、科学系统等)所做出的自身的任何变化，而技术系统的行为对外环境系统产生的作用，则是技术系统的功能。这种功能刻划着系统行为与环境的关系。技术系统的功能是多样的、多层次的。技术系统的结构不同，功能各异；功能不同，会促使结构改变。

技术系统的功能与技术系统的行为、性能、环境(包括边界)和结构等都有着密切的关系，只有了解其间的关系，才能弄清技术系统功能。这些关系只有在高度抽象的意义上才能把握其本质。

2.6.1 与行为的关系

凡是一个技术系统相对其环境所表现出来的任何变化和自身的特性，就构成技术系统的行为。在不同环境下，就表现出不同的行为，如自组织行为、自适应行为、稳定行为、临界行为和动态行为等。正是这些行为对环境产生的影响、作出的贡献等，就构成一个技术系统的功能。

2.6.2 与性能的关系

一个技术系统自身的特性或性能是功能的基础，只有发挥出来，即在行为中表现出来，才能构成功能，如火箭作为太空运载系统具有的性能，只有将飞行器准确地送入预定的太空轨道，才表现出它的功能来。许多技术系统具有多种性能，从而可表现出多种功能。

2.6.3 与环境的关系

技术系统之外的一切与它相关的事物构成的集合形成其环境。从抽象空间概念上，把技术系统与其环境分开来的所有点的集合形成边界；从逻辑上，就是技术系统的构成关系从起作用到消失的界限，这种内外划分既是必要的又是难于明确的。技术系统总与其环境有依存关系，包括整个系统的生存、结构、运行、演化和功能等都与环境相关。一般地，技术系统的环境可含时空条件（初始条件、边界条件）、约束条件等，而且是不断地改变的动态环境。因此，技术系统功能发挥状况与环境有着密切的关系。如火箭发射成功与否就与当时、当地的大气环境（气象条件等）、太空环境（电磁环境等）状态相关。一种社会技术，如管理技术，能否发挥功能，法规、条例等能否实施，就与其文化环境、社会环境状况相关。

2.6.4 与结构的关系

技术系统的功能与其结构存在着最重要、最基本和最复杂的关系。首先，技术系统的结构与其功能既相互依存又相互相对独立：有结构就有功能，有一定的结构就总是表现出一定的功能，结构构成功能的基础；功能由结构产生，一定的功能是由一定的结构形成的。这是任何技术系统都普遍存在着的基本关系。

技术系统的元素、结构和环境共同决定功能。一般地，一个技术系统的功能状态不能单独由一种因素决定，而应由多因素决定。

（1）一个技术系统的功能状态与构成本系统的元素有关。基本元素太差也不能产生出良好的功能来，如一批机器零件质量太差，就组装不出优异性能的机器来，从而机器不可能发挥出高效的功能来。

（2）一个技术系统的结构，即各种元素之间相对稳定的、有一定规则的联系方式，与其功能的关系十分复杂。相同的结构可发挥出多种功能，如整个技术系统就

具有生产力功能、文化功能和社会变革功能等，某一级社会组织就有多种功能，一个家庭具有管理性行为、教育子女、向子女传递社会的价值观念等多种功能；相同的功能可由多种不同结构的系统完成，如定时系统的功能可由具有多种不同结构的钟表、授时天文台来实现；相同的结构具有相同的功能，如相同结构的机翼产生出同等的升力，相同结构的乐器发出相同的声音；不同结构具有不同功能，如不同结构的生产系统，生产出不同的产品，不同结构(空间排列形式不同)的碳原子形成性质迥然相异的石墨和金刚石。概言之，一个技术系统的功能如何与组成系统的元素、结构和面临的环境相关，它们之间构成复杂的关系；而且，结构与功能的关系还具有多变性，在一定条件下，原属大系统内部的结构关系，可在小系统之间转化为功能关系；子系统的行为对母系统产生的作用，就是该子系统发挥出的功能。

在了解上述技术系统的功能与其行为、性能、环境和结构的关系之后，就能更正确地理解技术系统如何发挥其功能了。技术系统最直接地产生的作用或发挥的功能就在于推动科学系统和社会系统的发展，从而具有巨大的价值。首先，它为科学系统提供研究的方法和手段，引起了科学系统发生革命性的变化，特别是在19世纪中叶之前，科学系统更多地得益于自然技术系统；在现代科学时期，科学系统加速地发展，仍得益于技术系统的推动作用。然而，技术系统最重要的功能还在于全面持久地推动社会系统的进步，这包括在经济、军事、政治、文化等广泛领域的发展。

2.7 技术系统的环境

技术系统的环境是与其发生联系、相互作用的更大的文化系统和社会系统。所遇的环境不同，对技术系统结构和功能会产生不同的影响。在技术系统内部各个子系统之间互为环境；在各类不同技术之间，如在自然技术、社会技术和思维技术等之间也是互为环境的。

技术系统的环境是指与其发生密切联系和相互作用的外在有机整体——社会大系统。这个整体由诸多子系统构成，其中与技术系统发生密切联系的是科学、经济、政治、军事、教育等子系统。

与技术系统最难分难解的环境系统莫过于科学系统，以致于人们往往误将两者混为一谈。1970年，美国社会学家默顿强调，他在撰写《十七世纪英国的科学、技术与社会》一书中，“自始至终相当清楚地对科学和技术加以区别……”[1]实际上，科学系统与技术系统应互为环境，由此可以深刻地理解二者的区别和联系。

2.7.1 最密切的环境是科学系统

在社会大系统中，科学系统是技术系统最密切、最直接的外环境系统。

---

① 默顿，十七世纪英国的科学、技术与社会，四川人民出版社，1986年，第11页。

在古代时期，科学系统与技术系统都在社会大系统中演化，各自具有内在的自主发展的逻辑，经历了自己的发展道路。这两者虽然是互为环境的，但关系并不十分密切。在较长时期里，技术系统（自然技术和社会技术）得到了充分的发展，以致科学系统（自然科学和社会科学）的发展更多地得益于技术系统。

在近代时期，特别是自19世纪中叶以来，两者的关系越来越密切了，而且发生了重大的变化：自然科学加速地发展着并走在自然技术的前面，突出地表现为自然科学革命中孕育着自然技术革命；社会科学的思想、理论和观点也对社会技术的发展产生着重大的影响。

在现代时期，自然科学成为最紧密的环境系统，不断地为自然技术的发展提供了更多的输入因素，导致技术科学化，培育着更多的高新技术群，以至成为自然技术系统发展的源泉；社会科学已发展成学科门类齐全的系统，并对社会技术，如法制、管理技术等，产生着重大的影响。

2.7.2 较密切的环境含经济、政治、军事、教育等子系统

在社会大系统中，构成技术系统的环境还有诸多子系统，它们都分别地提供输入因素，对技术系统的发展产生着重大的作用。

(1) 经济系统与技术系统的发展有着更直接的关系。经济体制，如市场经济、计划经济、超市场经济（市场与计划经济结合）等，对技术的发展就产生不同的影响。近几百年来，在资本主义制度下，建立了以市场为主体的经济体制，刺激了技术的发展，并选择了何类技术能得以迅速的发展。这表明，只有适应经济体制或经济环境系统的技术，才能更好地发展。但是，从未来看，特别是从人类社会可持续发展的观点，超市场经济体制将会形成，可能更具有优越性。这样的经济环境系统，将使技术系统得到合理的、全面的发展。

(2) 政治系统作为环境对技术系统产生着重大的影响，而且总是采取更加直接的干预和控制作用。政治体制——政体的制度，即居统治地位的阶级、集团取何种形式来组织政权，这包括国家管理形式、结构形式和民众行使政治权利的制度等。古今中外，无论是民主政体或独裁政体都在不同程度上关心、利用、干预、管理和控制技术。任何国家为了实行政治统治都必须负有社会职责，而且只有执行了社会职能才能维持下去。

一般地，凡是民主政治会促进技术的发展，而独裁政治，往往会阻碍技术的发展。现代大技术系统更多需要国家的介入，特别是大型、巨型技术（含尖端军事技术等）研究发展计划的制定，巨额经费的投入，以及坚持计划的实施等。尤其是高新技术的发展带有时效性、风险性、创新性等特性，更需要政治卷入，如大型太空技术、海洋技术、核技术发展计划等都必须有政府的参与才能实现，世界许多国家的高技术发展计划能成功地完成都提供了例证。可以说，当今世界的许多国家，特别是主要发达国家，对技术的政治卷入远多于和大于对科学的政治卷入。

政治系统作为环境对社会技术的控制和利用又多于和大于对自然技术的控制和利用。政治统治集团对社会技术的强化控制主要是为其得到充分的利用，使之成为达到政治目的的手段和方法，如法制技术、组织技术、管理技术、防范技术等都是为了有利于稳固政治统治的目的。

(3) 军事系统作为环境对技术系统有着十分显露的正负两面作用。战争的起源和演变一直是令人费解的社会现象，能否消灭已成为全球难以解决的问题之一。一种有影响的观点，认为战争是阶级矛盾、民族矛盾、种族冲突激化的产物，归之于是流血的政治。还有另一种观点，认为在人类中发生自相残杀的战争绵延不断，归之于文化的冲突，特别是价值观的冲实，可能还渗透着生物本性引起的行为所支配，这在人类后基因组计划有了革命性进展后，将会揭示这一复杂的社会现象。

在客观上，一方面，战争刺激着技术的发展，尤其是高新技术、与军事直接相关的尖端技术；另一方面，又对技术的发展产生一定的破坏作用。政治统治集团为了在战争中取胜，总是不惜以巨额投资，集中大量优秀人才，优先发展直接与军事相关的先进技术，以武装武器装备，其他与军事相关的技术也相应地得到了发展。现代技术中的大多数高技术如信息技术(计算机技术、光电子技术、强激光技术等)、能源技术(核技术等)、材料技术(隐形材料等特殊材料技术)、太空技术、海洋技术、自动化技术(微型机器人技术、自动控制技术等)、生物技术(基因武器技术等)几乎都与军事活动相关，或称军民两用技术。由于军事上的强烈需求，又刺激着各类前沿科学的发展，从而推动了整个科学技术的发展。

同时，战争又对技术系统产生着极大的破坏作用。首先，战争极大地破坏了科研的物质基础，包括许多需要长期才能形成的科学技术基本设施，特别是损害科学家、工程师的研究环境，甚至使他们遭受人身迫害。20 世纪，两次世界大战给人类带来的巨大灾难，足以表明其破坏性了。

(4) 文化系统作为环境对技术系统产生着深刻的、渗透性的、长期性的、决定性的作用。“文化”一词源于拉丁文 Culrura，经过长期的演变，其涵义有了很大的拓展。在不同时期、不同国家中，对文化概念的理解和界定虽不下 200 种之多，但抽出共同点，大体上还是趋于一致的。文化系统是由人类创造的物质文化和精神文化构成的一个复杂系统，主要包括器物层次、制度层次、精神层次和价值规范层次。在精神文化中，主要包括哲学、科学、技术、宗教、文学、艺术、伦理道德和价值观念等，并可归为科学文化与人文文化。精神文化最具有活力，它可以“外化”为制度和器物，“内化”为价值规范，其中价值观念和行为规范起着核心作用。价值观念是存在于人们内心中评价行为和事物所作出的判断，而行为规范则是价值观念的具体化。

在人类历史发展的长河中沉淀下来的、相当稳定的、成为习惯的思维方式、价值观念、行为准则对于技术、科学等子系统产生着决定性的、制约性的作用。这在不同历史时期、不同国家中已充分地表明了。

在近代时期的英国，出现了牛顿等大批伟大的科学家，并伴生了绅士传统文化，而对商业、工业、工程、技术、经营等却未得到重视，这可能就是英国传统文化对于科学与技术、工业产生的不同影响。

美国是一个移民国家，按1790年统计，来自欧洲各地的移民已达到392万，其中67%是英格兰和威尔士人，17%是爱尔兰和苏格兰人，还有少数德国、法国人。移民中的大批中坚分子是一批反抗旧秩序、旧教会的清教徒，是一批经过资产阶级民主思想熏陶的先进人士，是一批不受封建君主专横统治的反叛者。由于在同一地域长期共同生活中，逐渐形成了美利坚民族，并创造出崭新的民族文化，显现出富有强烈的独立精神、独立的创业精神、艰苦奋斗精神、求实精神、开拓进取精神、冒险精神等，以及新的独特性格和价值观。正是这种崭新的文化背景或环境系统，对技术、科学、工业等系统的发展产生着巨大而深远的影响。

在近现代日本的技术发展中，也能明显地观察到文化传统的影响，如日本的技术具有重视"现场传统"，即日本型工程师首先是生产现场的实际指挥员，必须是能解决车间问题的人，在企业对生产现场投入优秀的技术人员，以致有能力的技术人员甚多；特别是在明治维新后，更沿续了现场优先的观念，强调实际动手的能力和效果。陈昌曙曾撰文着重介绍了日本的"现场优先主义"传统①。今天，日本的技术仍然在世界上先进技术之列，这是与其文化传统紧密相关的。

在中国，技术和科学等深受文化的影响，特别是封建文化的长期影响。封建制度包括领主制和地主制始于公元前11世纪，一直延续至20世纪，长达3000多年之久。在世界范围内，中国进入封建制最早，持续时间很长，结束时间大约比欧洲晚几百年。在古代，中国虽创造了灿烂的文化，但由于长期存在着封建文化，致使在近代文明时期就走向衰落。特别是，在精神文化中，封建文化产生了独特的作用。自秦汉建立了统一封建帝国之后，形成了特殊的封建文化，其中儒学文化具有中心的地位。特别是，在汉武帝实行"罢黜百家，独尊儒术"的政策以来，儒学就上升为官方正统哲学，以至演变为具有保守性的国家意识形态。以"仁"学为核心的社会伦理文化，必然贬抑和排斥探讨自然的科学和技术，导致缺乏理性自然观这种科学精神的精髓，形成了依附于封建社会结构的极端实用型的科学体系，以至直接为皇朝服务，而不能开拓无限的自由思考空间，不能导致普遍的科学理论。这也是中国古代科学不甚发达、近代科学不能在中华大地上产生的认识根源。其实质，在深层次上就是文化根源。长期的封建文化内化的价值观和行为规范就引导到"内圣外王"、"学而优则仕"的方向，鼓励潜心于研习"君臣之礼、善恶之道"。中国封建文化导致全面思想僵化、麻木不仁的专制文化，是窒息中华民族智慧的精神枷锁。这种专制文化致使中国长期地停滞在封建制的"静态"之中，使得在近代文明时期多次失时。20世纪以来，许多志士仁人在中国风云激荡的漩涡中，敦请"赛先生

① 陈昌曙著，技术哲学引论，科学出版社，1999年，第230页。

(scimce)”和“德先生(democracy)”来华参加救国大业，但十分艰难。辛亥革命中虽推翻了帝制，但未完全达到革命的目的。后来，接着引发了“五四运动”，特别是“五四新文化运动”的目的在于要引起民族心态的更新和国民性格的重塑，形成新的中华文化。然而，在诸多方面远不及欧洲文艺复兴运动。这表明，中国封建文化的超稳结构并不亚于中世纪的欧洲神学封建文化体系，它是长期形成的民众心理积淀，以至演变为道德、风俗、习惯，尤其是价值观念是最不易变的部分，并易被统治者所强化而嗣续绵延。因此，在中国社会大系统中，封建文化起着“序参量”——对一个系统起支配作用的控制参量——的作用，像“紧箍咒”般地束缚着中华民族的创造性。概言之，在几千年的封建文化环境中，科学不会昌明，从而技术也不会发达。

2.7.3 社会大系统作为环境超系统对技术系统产生着整体的塑造作用

在社会大系统中，虽然科学、经济、政治、文化等子系统都分别地作为环境因素对技术系统产生着不同的控制作用，但并不等同于社会大系统作为环境超系统的整体特性对技术系统的控制作用或全面的输入，即为技术系统提供生存、发展所需要的空间和条件。在这一环境超系统中的科学、经济、政治、文化等子系统不是相互孤立地产生着各自的作用，而是相互联系为整体在产生着全面的、持久的控制作用，即环境超系统的整体控制作用不同于部分环境子系统之和的控制作用，这是环境系统的整体突现性原理。

社会大系统作为环境超系统对技术系统的整体塑造作用具有几种特点：

(1) 同时性，即对技术系统产生的控制作用是同时发生的，而且是经常性地连续地产生着。

(2) 综合性，即对技术系统产生的作用绝非各个子系统孤立地进行的，也不存在只有一个子系统，如经济子系统，产生作用而其余的不产生作用的现象。

(3) 动态性，即在不同历史时期、不同国家中，对技术系统的控制作用，如整体的发展速度和规模等，有着更大的差异。

这些表明了，社会大系统作为环境超系统对技术系统的整体性制约作用，是任一环境子系统所不具有的制约作用，也不等同于各子系统之线性和所能起到的制约作用。

董光璧

3. 技术系统的演化

任何规模的人群总是要在人与自然和人与文化两种基本关系中生存。不利的自然环境和文化环境有时会构成对生存的"挑战",因而人们不得不发挥其潜在的创造力而作出某种"应战"。按照英国历史学家汤因比(Arnold Joseph Toynbee,1889～1975)的观点,人类社会进化的动力就根源于这种"挑战"与"应战"的相互作用①。在一次又一次的自然或者文化的挑战与应战中发展着的文化,逐渐形成了美国文化人类学家怀特(Leslie Alvin White,1900～1975)所谓的文化系统②,即人类学意义上的文化系统,它由技术、制度和观念三个子系统组成。并且随着自然与文化的相互作用而不断加以改进和发展,从而相继表现为农业文明、工业文明和科业文明等不同的社会形态③。

按照广义进化论的基本观点,作为整个文化系统一个子系统的技术系统,它的演化决定于其本身的变异和环境的选择,但不一定是达尔文式的"渐进"方式。因为不仅技术系统本身由自然技术、社会技术和思维技术三个子系统组成,而且其环境包括文化系统内的制度和观念两个子系统,以及文化系统外的自然系统两个层次。制度系统又区分为政治、经济和社团三个子系统,观念系统又区分为信仰、理性和价值三个子系统,而自然界是一个由物质、能量和信息三大基本过程构成的更为复杂的系统。所以这种变异-选择是一种相当复杂的相互作用过程。

以自组织论的观点考察系统的进化,任何系统的进化机制都可以归结为正反馈和负反馈的某种往复循环过程④。正反馈是系统变异产生的条件,而负反馈是系统变异稳定的条件,只有通过"正反馈-自生成"和"负反馈-自稳定"反复循环,系

---

① 汤因比在其12卷本的《历史研究》(Historical Research,1934～1961)中提出文明产生和发展的"挑战-应战"机制。

② 怀特在其《文化的科学:人和文明的研究》(Science of Culture-Astudy on Man and Civilization,1949)中提出人类学意义上的文化系统概念,它被区分技术、制度和观念三个子系统。本书对他的文化系统的结构给出新的理解,也可以说进行了改造。

③ 刘吉曾经提出"科业革命"、"科业社会"的概念(《我们究竟面临了革命?》,1984年4月27日《上海科技日报》)。社会学家们对未来社会已经赋予了种种名称,诸如后工业社会、超工业社会、后现代社会等。从与农业和工业对应考虑,特别是科学技术产业的兴起,把未来社会称之为"科业社会",相应地把未来文明称之为"科业文明",应该说是一种明智的选择。

④ 牛陇菲在其《文化进化学》(甘肃科学技术出版社,1989年9月)中提出异质发生学的"一般进化论",把"正反馈-自生成"和"负反馈-自稳定"看作不断产生异质性存在的机制。

统的变异才能经选择而稳定存在下来。

本章将借助于上述有关广义进化论研究的理论结果，讨论作为人类学意义上的文化系统中技术子系统演化的逻辑结构和历史结构，以及技术系统在文化系统中地位的演变诸问题。

3.1 技术系统演化的逻辑结构

技术系统演化的逻辑结构主要决定于其内部各子系统之间的相互作用，也受来自文化系统内外各种相互作用的影响。为了形象地理解技术系统的行为，可以把技术系统中三个子系统的关系结构看作一个“技术三角形”，可以把文化系统中三个子系统的关系结构看作一个“文化三角形”。那么技术系统的“变异”也就相当于这种技术三角形的“变形”，文化系统作为其内环境对于技术变异的“选择”作用就是文化三角形对技术三角形的制约，自然系统作为技术系统外环境则是通过使文化三角形变形而影响技术三角形的。

3.1.1 技术扩散过程中的变异

技术演化的基本逻辑结构是“发明”通过扩散导致新发明的连锁过程。发明本质上是一个新操作程序的诞生，而扩散就是这程序的不断被“复制”，技术的“变异”可以看作是复制的“出错”。自然技术、社会技术和思维技术无一不是通过扩散复制而发生变异，并且通过它们之间的组合和变形导致整个技术系统的变异。技术的组合变异可能是技术自主发展的重要方式，在形式上可以区分为串联和并联、分叉和环结以及网络结合。只要粗略地总揽从古代到现代的技术发展史，我们的这种认识大体上是可以得到印证的。

就对物质操作的自然技术说，在物质变化、能量转换和信息控制三类基本技术中，摩擦取火、制造轮子、用火推动轮子和以电脑控制机器的运转，可以说是最具代表性的四项伟大发明。物质变化技术源于以木、石等材料制造工具，在打磨和钻孔之类的技术扩散过程中，与其目标无关的火星的出现，导致击石和钻木等摩擦取火技术的诞生。人工取火技术与其他技术组合又衍生出一系列的新技术诞生，其中包括与作物种植结合的烧荒技术的发明，与黏土成型技术结合的烧陶技术的发明，以及在烧陶过程中偶然混进的矿石而导致的冶金技术的发明。在制陶过程中均轮的发明是轮子诞生的标志，而车轮的出现则成为轮轴技术扩散变异的关键，随之而来的是水轮机、风轮机以及各种以轮轴为要件的机器。火与轮子的结合导致蒸汽机的发明，继而有内燃机、电动机等机械的诞生，它们作为动力机而成为工业革命最显著的和决定性的技术特征。电“火”及其作为传递信息载体的一系列的发明，直到电脑的发明及其被用于控制各种机械运转，把人类带到信息控制主导自然技术的时代。

就对人类行为操作的社会技术说，在组织、交易和学习三类基本技术中，法律、货币和学校可以说是最具代表性的伟大发明。这些发明几乎同样古老，其渊源似乎都可以追溯到上古时代。在人类群居的过程中养成了一些风俗习惯，其中的一些逐渐演变为化为调节个体与群体之间各种利益关系的禁忌。这些禁忌作为诱导人类去恶从善的行为规则，一方面随着分工的进展进而发展出各种职业性道德规范，另一方面在财产和权力的集中过程中某些禁忌异化为一些惩罚性的刑律并发展成为法律体系，而舆论又作为维护道德和法律的辅助手段而出现，舆论从口头发展为媒介经历了一个漫长的历史时期。在以物易物的交易过程中，人们逐渐发明了通用货币，并且从石币、贝币、铁币、银币、金币、纸币发展到电子货币，再到各种有价证券及其众多的衍生金融工具出现。从经验中学习和从学习中获得经验是人类重要的获取技术。学习从行为模仿开始，逐渐衍生出各种操练、游戏、仪式和学校，特别重要的是在这个过程中行为运演发展为形式运演[①]。在法律和道德基础上的市场交易技术，为人类进入社会技术主导技术系统的时代创造了基本条件。

就对概念操作的思维技术说，在语言文字、逻辑推理和数学计算三项基本技术中，文字、逻辑和算法可以说是最具代表性的伟大发明。作为思维技术基础的语言和文字的发展经历了非常复杂的过程，语言的发展经历了表达、交往、描述和论证，而文字的发展经历了从象形文字到音节文字再到字母文字的演变，都是在扩散过程中的变异过程。语言和文字运用的发展，不仅导致严密的推理逻辑规则，而且发展出来详尽说明自然语言陈述结构的生成语法规则。计算是思维的另一类技术，从记数和排序开始逐渐发展出种种计算方法，直到逻辑推理规则成为数学的普遍语法以及各种算法程序的发展，也是一个扩散变异的过程。推理与计算结合发展出适合于思维计算的数理逻辑，数理逻辑、生成语法这两种思维技术与自然技术的物理信息载体结合发展出电子计算机，为人类进入思维技术主导技术系统的时代奠定了基础。

如果把文化进化看作自然进化的继续，那么我们就应该建立类似生物变异的技术变异概念。生物的变异分为非遗传的表现型和遗传的基因型两种变异，基因型变异又被区分为基因组合、基因突变和染色体畸变三类，而染色体畸变又有结构变异和数目变异之别。对于技术变异我们也应当进行类似的详尽研究，不仅要建立起技术基因和技术染色体之类的基本概念，而且要对技术变异进行分类并确定一些基本类型，这无疑是一项非常细致而艰巨的工作。这种工作绝不是照般生物进化的概念，而是要通过类比建立能描述技术演化的有效模型。但必须充分认识文化进化与生物进化的区别，比如生物的基因突变率一般为百万分之几，而技术的突变率则可能要高得多。虽然迄今我们还没有明确的技术基因概念，当然也没有

① 瑞士心理学家皮亚杰(Jean Piaget，1896～1980)在其《发生认识论原理》(王宪钿等中译本，商务印书馆，1981年)中提出，对运演进行运演的能力使得认识超越了现实。

测定技术基因突变率的方法，但我们在一代人期间所目睹的技术的巨大变化，无疑支持我们关于技术基因高突变率的观念。

本书的研究作为整体属于宏观水平的研究，自然技术、社会技术和思维技术这种划分大体可与动物、植物、真菌、原生生物和原核生物的分类相比拟。自然技术区分为物质、能量和信息，社会技术区分为组织、交易和学习，思维技术区分为读写、推理和计算，也只能与生物学研究的器官水平相比拟。我们的研究还没有达到可与生物学细胞水平研究相比的程度，更不用说同分子生物学水平对应了。我们的研究还没有达到规定技术基因和技术染色体概念的程度，我们只是沿这样一个方向思考问题。但我们的技术系统模型为向微观水平深入提供空间，实际上有些技术研究已经相当于微观水平，交易技术可以说找到了货币这个细胞，而推理技术则找到了概念这个逻辑原子。如何从微观水平说明宏观现象，需要一个一个地去研究，而本书只是给这种研究提供了一种框架。

3.1.2 文化系统对技术系统的选择作用

技术系统的环境选择主要表现为，文化系统各子系统之间相互作用的总效果。在文化系统内部作为技术系统环境的制度系统和观念系统对于技术三角形的选择，也可以说是文化三角形以其自身构形对于技术三角形所施加的某种选择作用。这种相互作用的总效果是趋向于文化三角形的等边结构，有如三角形最大面积原理所要求的条件。技术变异的结果往往是破坏文化三角形的等边结构，而制度和观念这两个文化子系统的选择作用不过是一种平衡作用。

技术系统的终极目标是效率，制度系统的终极目标是公正，而观念系统的终极目标是创意。在文化系统中，技术、制度和观念三个子系统之间的相互作用，是寻求其不同目标之间的平衡。这种平衡的过程就是文化系统结构走向优化的进程，技术系统也就在这种优化进程中承受制度和观念的选择。

对于技术系统来说，制度系统和观念系统的选择作用，在自组织论的意义上是一种反馈机制。正反馈相当于对技术系统变异的认可，而负反馈相当于对技术系统变异的拒绝。由于不仅技术子系统是变化着的，制度和观念两个子系统也是变化着的，文化系统必然处于由内部各子系统之间的相互作用决定的动态平衡之中。

按照系统论功能与环境关系的一般观点，即系统的功能体现在系统与环境的相互作用过程中。制度和观念两个子系统对技术系统的选择作用，要从它们如何影响其功能中去寻找。这种影响最终体现在技术系统结构的变化，使某一子系统成为技术系统的主导并形成主导技术群。

制度对于技术系统的选择主要以其公正目标规范技术系统，并且这种规范随着主导制度的更替而变化。在政治制度主导制度系统的时代，权力垄断成为规范的主导因素，并因而使权势成为社会的中轴。在经济制度主导制度系统的时代，自由竞争成为规范的主导因素，并因而使经济成为社会的中轴。在社团制度主导制

度系统的时代，知识扩散成为规范的主导因素，并因而使智力成为社会的中轴。

观念对于技术系统的选择主要以其创意目标规范技术系统，并且这种规范随着主导观念的更替而变化。在信仰主导观念系统的时代，信仰的创意成为规范的主要价值尺度，并因而使自然技术成为维持权力中轴的主要技术基础。在理性主导观念系统的时代，理性的创意成为规范的主要价值尺度，并因而使社会技术成为维持经济中轴的主要技术基础。在价值主导观念系统的时代，价值的创意成为规范的主要价值尺度，并因而使思维技术成为维护智力中轴的主要技术基础。

制度的统一往往与观念的统一相契合，在制度和观念统一的时期往往为技术系统向某个方向的发展创造某种条件。中国古代技术的发达是大一统的政治制度的选择，大规模的水利建设是维持大一统的条件。古希腊的希罗(Hero)曾发明了历史上第一台蒸汽作动力的机器原型，当时的社会既没有把它作为动力机械加以使用的需要，也不可能为它提供完善化的物质手段，这也是技术系统受制度和观念选择的案例。

制度系统和观念系统以其各自的终极目标规范技术系统，而技术系统也以自己的终极目标进行反规范。例如超音速运输机，出于噪声危害健康和污染环境的考虑，美国政府、工业界和公众之间经过长达 12 年的争议，最终国会通过取消其发展规划的决议。但超音速飞机技术并没有因此而中断发展，英法两国联合开发的协和式飞机使之获得了成功。这是技术自主发展的逻辑力量之所在，是环境对其选择有限的例证。

尽管制度或观念的选择作用可以通过推进或阻止某种技术而影响其扩散，但却不能阻止技术系统变异的产生。虽然制度对于技术的选择总是为制度自身的巩固和发展服务，而观念的选择总是为观念自身的更新和发展服务，但技术的自主发展最终又总是以其效率突破制度和观念的约束并推进新的制度和观念的建立。在文化系统内部的技术子系统，特别是现代技术系统，就其本性而言是敌视制度和观念的历史传统和多样性的，各种制度结构和观念形态对之限制总归是有限的。由于人类不能弃绝技术和技术发展的不可逆性，而不得不在现代技术与制度和观念传统的张力中进行文化选择。

3.1.3 自然系统对于技术系统的选择作用

自然系统作为整个文化系统的惟一环境对文化系统的变异进行选择，或者说文化系统通过来自自然系统的反馈循环而进化。自然系统作为人类的生存条件和文化系统作为人类的生存方式，彼此之间的相互作用主要是以技术系统为中介的。人类自诞生以来的绝大部分时间是寄生于自然系统的动植物之中，只是近一万年以来才逐渐走向改造生存环境的道路。人类以技术为手段适应自然系统并局部地改造其生存环境，尽管这种改造的进程可以说是日新月异的，但人类活动对于整个自然界的影响仍然是微不足道的。迄今作为人类生存方式的文化之演变都还是自

然选择的结果，并且主要是地球自然环境直接选择的结果。

寒冷和酷热、洪水和干旱、地壳震动和火山爆发是自然规律的表现，但对于人类生存和发展来说则是灾难。人类一方面寻找适合生存和发展的自然环境，另一方面通过改进和完善文化系统来适应或改造不利的生存环境。为了减少和抵抗自然灾害而发展起来相应的文化系统，在某种意义上可以看作是自然选择的结果。作为文化系统一个子系统的技术系统，尽管有其自主发展的根据，但其演化不仅受制度和观念的制约而且也受自然选择的制约，使得那些能够与自然环境相适应的技术发明得以发展，而那些不能与自然环境相适应的技术发明则被淘汰出技术系统。任何自然技术都要在自然规律的制约下发挥作用，任何社会技术都要在社会规律的制约下发挥作用，任何思维技术都要在思维规律的制约下发挥作用。一个由自然技术、社会技术和思维技术构成的技术系统，在自然规律、社会规律和思维规律制约下协调运作，才能维持和发展。

为了生存和发展人类发明了改造自然环境的自然技术系统，为了发挥自然技术的作用人类通过发明社会技术不断扩大合作的范围和相应行为的规模，为了发挥自然技术和社会技术的作用人类不断改进思维技术使其行为更为有效，为了充分发挥技术系统的作用人类又不断改进制度和观念系统。几千年来的农业文明破坏了森林和草原的生态，几百年来工业文明造成了大气、水体和土壤的污染，这些大自然的报复对人类创造的技术再次进行选择，污染环境的自然技术、有碍合作的社会技术和不利于智力发挥的思维技术都将被淘汰。我们人类的一切技术都必定要接受自然环境的选择，技术系统的演变一旦造成生态环境失衡，维护环境安全的技术就会在原有的技术系统中衍生出来。为克服这种文化危机而被迫发展新技术的过程，仍然可以看作是自然界对于技术系统选择的一种表现。

当今的人类住在高楼大厦里，出门乘坐汽车、火车和飞机，不仅地球的每一个角落几乎都有人类的足迹，甚至踏上了月球。但迄今人类还主要是生活在自然环境较好的沿海和平原地带，辽阔的沙漠和秃山野岭仍然是渺无人烟。人类可以创造局部环境，但对于四季变化、风、雨、雷、电以及火山爆发和地震仍然无力控制。阿波罗 17 号宇宙飞船在一次飞往月球时拍摄的地球全景照片，整个地球的很大一部分都呈现在你面前。你能辨认出海洋的蓝色和沙漠的黄红色以及森林和草原的绿色，然而其上没有人类文化的迹象，你看不到人类对于地球表面的改造痕迹。整个地球的阿波罗照片告诉我们，在行星的尺度上说，人类是微不足道的，只不过是在一块偏僻与孤独的岩石和金属混合体上面的一薄层生命。

但我们不能赞同以法国思想家博丹(Jean Bodin，1530～1596)、德国社会学家拉采尔(riedrich Ratzel，1844～1904)和德国学者豪斯贺费尔(Karl Haushofer，1869～1946)为代表的地理环境决定论，他们主张地理环境在社会生活和社会发展中起决定作用，甚至以自然规律代替社会规律。尽管文化进化是自然演化的继续，技术的变异是要经受自然界选择的，但不能把自然的选择作用夸大到单方面的决

定作用，而对技术演化自主性的一面视而不见。

3.2 技术系统演化的历史结构

技术系统的演化可以想像为技术三角形的膨胀变形，在膨胀过程中代表自然技术、社会技术和思维技术的三个边，由于它们的增长速度不一样而产生变形。技术三角形的这种膨胀变形，在短暂的时期内不容易觉察出其规律性，但在一个相当长的历史时期内的平均效果则表现出一定的统计规律性。技术系统三个子系统之间的相互作用总效果，倾向于技术三角形成为一种等边的结构，而技术系统的任何变异却总是破坏这种等边状态。技术三角形的变形通过环境选择作用而演变的趋势，大体上是沿着自然技术主导、社会技术主导和思维技术主导的方向发展的。

3.2.1 自然技术主导的技术系统

技术系统各子系统之间的相互作用在环境的选择作用下，会形成自然技术相对发达的技术发展状态，即自然技术主导技术系统的状态。自然技术主导技术系统的特征，以技术三角形的语言说，自然技术占据最长边。在自然技术主导技术系统的时代，自然技术系统是由物质变化技术主导的，社会技术系统是由组织管理技术主导的，思维技术系统是由语文读写技术主导的，由物质变化技术、组织管理技术和语文读写技术所形成的主导技术群呈现为技术系统的特征。

虽然可以认为自然技术、社会技术和思维技术是伴随着人类的诞生同时而来的，但在初民时代人类的主要厉害关系是人与自然的关系，分布在广大地域中的稀疏的人群几乎不发生矛盾和争夺资源的争斗。不仅在几百万年的人类历史长河中，而且在整个农业文明时代都是在自然技术主导下维持人类的生存和发展的。随着人群的逐步扩大，社会技术和思维技术显得越来越重要，但直到几百年前技术系统的主导才由自然技术转变为社会技术。

在自然技术主导技术系统的时代，自然技术是由物质变化技术主导的，以物质变化技术的广泛应用为标志。人类通过感性直观积累了对农作物、禽畜蓄养与自然环境及人为操作的各种关系的经验认识，并摸索出一系列相关的操作规范和技术方法。耕牧、纺织、建筑、服乘和冶金五类技术，成为支撑农业文明的自然技术基础。考古学的一些发现表明，人类至少在380万年前学会了用火，在260万年前开始制造石器工具，在几万年前学会了耕种和畜牧，继而开始了摩擦取火、制陶和编织，建筑居室和村落。大约在公元前60世纪，欧、亚、非和美洲就开始形成许多古代的农业社会中心，在公元前60世纪就发明了帆船，到公元前55世纪就开始使用铜金制品并制造了精美的花瓶和大理石女神雕像等艺术品，还有了行政、宗教和行会之类的组织机构。到公元前35世纪农业已经相当发达，人们种植了小麦、大麦、玉米、稻谷、豌豆等10多

种农作物，驯养了除马之外的各种动物，骨石技术和制陶工艺都有了新的发展。自公元前6世纪开始各文明中心普遍使用铁制工具，其后的两千余年间，随着机械、历法和医药的改进，人类的生存能力和生活质量不断提高，艺术对自然的模仿和宗教对宇宙起源的独断还激发了科学探索的好奇心，文字、逻辑、计算和实验的发明推进了理性的发展，特别是造纸、印刷、火药和指南针的发明以及地球和太阳系的发现，引发了农业文明向工业文明的过渡。

在自然技术主导技术系统的时代，社会技术是由组织管理技术主导的，以国家权力的日益扩大为标志。随着人们控制自然力之能力的增强和财富的迅速积累，私有制和早期的国家也就相应地产生了。从公元前40世纪到公元前6世纪古王国时期，在西亚的两河流域、北非的尼罗河流域、南亚的印度河流域出现了三大文明摇篮。在公元前30～前23世纪为苏美尔人城邦争霸时期，公元前25世纪乌鲁克第三王朝(公元前25世纪)统一了两河流域，古巴比伦帝国(前1950～前1650)使两河流域的文明极盛300多年，接着的是600年的衰退和亚帝国(前1300～前621)的统治，迦勒底人建立的新巴比伦帝国(前626～前539)结束了两河流域的古王国时期。前40～前30世纪为埃及南北分裂的前王朝时期，从前30世纪到前6世纪被波斯征服的24世纪里统一的埃及历经了31个王朝，其中的第3～6王朝(约前27～前22世纪)为埃及的鼎盛期，前525年后为波斯人统治。在黄河流域的中国文明，自前21世纪起进入了古王国时期，经历夏朝(前21～前16世纪)的万国、商(前16～前11世纪)、周(前11～前3世纪)，公元前221年秦始皇统一了中国。自公元前6世纪以来的古典时期(前6～前4世纪)和中世纪时期(5～15世纪)，先后建立起来的六个地跨亚、非、欧三洲的大帝国推进了人类文明的融合，它们依次为波斯帝国(前559～前330)、亚历山大帝国(前336～前307)、罗马帝国(前27～395)、拜占庭帝国(395～1453)、阿拉伯帝国(622～1258)和奥斯曼土尔其帝国(1453～1878)。

在自然技术主导技术系统的时代，思维技术是由语文读写技术主导的，以语言和文字的广泛使用为标志。虽然迄今我们还无从知道旧石器时代的人是否能随意谈话，但文字的发明却是有考古证据的。两河流域的苏美尔人，在公元前40世纪就已在泥板上刻画图形文字，但到公元33世纪又发明了音节性的楔形文字取代了图形文字，在西亚这种文字直到公元2世纪才完全废弃而失传。尼罗河流域的古埃及人，在公元前27世纪发明了写在草纸上的象形文字，后来他们又发明了拼音文字而形成象形文字与拼音文字并用的局面，并且其拼音文字对欧洲文字的形成有决定性的影响。黄河流域的古中国人，传说在公元前26世纪的黄帝时代已有仓颉造字，在公元前16世纪殷商时代已有系统的甲骨文字。在地中海沿岸的古希腊人，在公元前21世纪也发明了文字。在印度河流域的印度人，在哈巴拉时期已有了文字。

3.2.2 社会技术主导的技术系统

技术子系统之间的相互作用在环境的选择作用下，形成社会技术相对发达的技术发展状态，即社会技术主导的技术系统的状态。社会技术主导技术系统的特征，以技术三角形的语言说，社会技术占据最长边。在社会技术主导技术系统的时代，自然技术是由能量转换技术主导的，社会技术系统是由市场交易技术主导的，思维技术系统是由逻辑推理技术主导的，由能量转换技术、市场交易技术和逻辑推理技术所形成的主导技术群呈现为技术系统的特征。

在社会技术主导技术系统的时代，自然技术系统是由能量转换技术主导的，以蒸汽动力广泛应用为标志。工业革命是机械化技术纵向和横向扩散的过程，首先在纺织行业内由织布机到纺纱机，由毛纺到棉纺，由工具机到动力机。纺织机械化过程中，制造机器的材料和印染的需求促进了钢铁工业和化学工业的发展，而这些工业又要求增加作为动力燃料的煤炭的供应，对煤炭的需求又引起采掘和运输业的技术改进。一直在经验基础上发展的技术，由于自然科学的诞生而有了科学基础。尽管自然科学在 17 世纪的形成是工匠与学者结合的结果，但直到 19 世纪下半叶科学才真正成为技术原理的主要来源。任何具体的技术工程实践，不外这三类技术的组合过程。任何技术产品，比如一个普通的机械系统，一般要包括工具、动力和传输三个基本组成部分，也就是说它包含了物质变化、能量转换和信息控制三个基本过程。冶金、化工、纺织、酿造和制陶的核心技术属于物质变化，各种不同类型的热机、电机和各种电池的核心技术属于能量转换，信号的编码和传送、机械的齿合和带连乃至基因的人工操作都属于信息控制。但能量转换技术是工业文明时代自然技术的核心。

在社会技术主导技术系统的时代，社会技术系统是由交易技术主导的，以在货币广泛使用的基础上账簿会计普遍运用为标志。交易技术是伴随着劳动分工发展而发展的，原始的交易广泛发生在青铜时代，而金属货币的使用是随着铁器时代一起到来的，纸币首先出现在 11 世纪的中国。但纸币的广泛用于交易是以会计为条件的。账簿会计作为一种商业语言，直到文艺复兴时期才开始萌芽，工业革命以来才逐渐形成一套比较完整的现代会计技术体系。账簿会计作为一种确认、计量和传递经济信息的方法，为受信者提供经营管理方面的判断和决策依据。与组织技术和舆论技术相比，交易技术在社会技术中的地位显得突出。

在社会技术主导技术系统的时代，思维技术系统是由逻辑推理技术主导的，以逻辑推理的广泛运用为标志。逻辑推理是从一些判断合理地得出另一些判断的规则，凡运用概念、判断和推理都必须遵守。早在公元前 4 世纪古希腊哲学家亚里士多德(Aristotel ēs，前 384～前 322)就建立了由大前提、小前提和结论组成的逻辑学三段论式。中国墨家学派大约在公元前 5～3 世纪发展了一种由故、法和类组成的名辨学三物法。印度正理派在公元 1 世纪左右创立了由宗、因、喻、合、结组成的

因明学五支论法，在公元5世纪佛教哲学家陈那(Dignāg,400～480)把五支中的合和结去掉，简化为三支。虽然它们分别在各自民族的日常生活中都发挥了重要作用，但只有古希腊的逻辑学对现代科学的产生和发展留下了深刻的影响。亚里士多德倡导一种归纳-演绎的科学研究程序，并且认为科学应该是通过演绎组织起来的一组陈述。他对于科学理论的这种逻辑上的要求，不仅为欧几里得(Eukleid,前4～前3世纪之际)在其几何学中和阿基米德(Archimēdēs，约前287～前212)在其静力学中最早得以实现，而且通过中世纪的唯名论哲学家对逻辑问题进行过比较深入的讨论，被以牛顿(Isaac Newton,1642～1727)为代表的科学家们继承和发展。以演绎方法为中心的形式逻辑的现代发展是数理逻辑的诞生，德国科学家和哲学家莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz,1646～1716)的"思维演算"思想，经英国的布尔(George Boole,1815～1864)和德摩根(Augustus de Morgan,1806～1871)两位数学家的发展而奠定了符号逻辑的基础，并通过公理方法的发展和逻辑演算的确立，逐渐形成演绎逻辑、集合论、递归论、模型论、证明论等诸多分支。形式逻辑及其现代形式数理逻辑对于科学的运用，产生了更为具体的科学问题的逻辑、科学发现的逻辑、科学检验的逻辑、科学解释的逻辑以及科学理论的逻辑结构等科学的逻辑方法。这些科学研究的思维规则能帮助科学家把握各种思维的逻辑关系，做到概念明确、判断恰当、推论合理，论证有力。

3.2.3 思维技术主导的技术系统

技术子系统之间的相互作用在环境的选择作用下，形成思维技术相对发达的技术发展状态，即思维技术主导技术系统的状态。思维技术主导技术系统的特征，以技术三角形的语言说，思维技术占据最长边。在思维技术主导技术系统的时代，自然技术系统是由信息控制技术主导的，社会技术系统是由学习技术主导的，思维技术系统是数学计算技术主导的。由信息控制技术、学习技术和数学计算技术所形成的主导技术群呈现为技术系统的特征。

在思维技术主导技术系统的时代，自然技术系统是信息控制技术主导的，以电子计算机的诞生及其广泛应用为标志。包括物理载体、生命载体和心理载体三个方面的信息控制技术，极大地扩展了人类的感觉、神经、思维以及效应和执行等生理器官的功能。物理载体控制技术，包括应用最为广泛的电子和光子的控制技术，以及在20世纪中叶以来发展起来的示踪原子技术和分子识别技术。生命载体的信息控制技术，在分子遗传学的基础上迅速发展起来，包括细胞核融合技术、基因重组技术和蛋白质工程，为人工控制生命提供了前所未有的有效手段。心理载体的信息控制技术，与其物理载体和生命载体的信息控制不同，是一种心理操作的过程，其主要体现是目前还不太成熟的心理分析技术。

在思维技术主导技术系统的时代，社会技术系统走向由学习技术主导，以学习型社会的出现为标志。为了适应自然的和文化的两种环境，人类发明了学习技术。

人类的每个成员都不得不以改变自己的行为模式，适应经常变化的自然环境和文化环境。这种能力的获得就是学习，古希腊哲学家柏拉图(Platon，前427～前347)曾将其归为“获得术”之列。学校是学习技术中的重大发明，作为人类利用集体积累的间接经验的有效方式，在工业文明时期它成为普遍化的学习方式。随着知识更新速度的加快，人类进入了终身教育时代。终身教育概念的提出被认为是教育的哥白尼革命，学校将不再是学习的主要场所，整个世界将变成为每个人创造学习机会的社会。学习将成为一种主要的生活方式，教学将从以教为主转变为以学为主，资格认证将取代学历认证。一个学认知、学做事、学生活、学生存和学发展的学习型社会将逐渐形成。

在思维技术主导技术系统的时代，思维技术是由数学计算技术主导的。所谓计算就是依据一定的法则对有关符号串的变换过程，抽象地说计算的本质就是递归。而直观地说，计算就是从已知符号开始，一步一步地改变符号串，经过有限步骤后，最终得到一个满足预定条件的符号串的过程。计算所依据的法则称之为算法。算法是求解某类问题的通用法则或方法，通常要求能在有限步骤内一步一步地完成对问题的求解。算法是对有关数据或符号进行变换的方法规则。计算就是对算法的执行或对数据、符号依据有关的规则进行的变换操作。早在17世纪，德国哲学家和科学家莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz，1646～1716)就提出思维可计算的设想，但直到20世纪对于计算的本质追究才认真提出来。由于德国数学家哥德尔(Kurt Godel，1906～1978)和英国数学家图灵(Alan Mafhison Turing，1912～1954)等人的研究，可计算函数被归结为哥德尔的一般递归函数，而且可计算函数的计算也归结为图灵理想计算机的计算。它不仅为计算机的发明奠定了理论基础，而且还导致以计算机模拟人的思维，同时也为通过人工智能认识人的智能开辟了道路。神经元的基本功能被认为是计算，思维即计算或者说思维是由神经元的计算功能逐级整合而形成的。由于人类抽象思维的各种逻辑规则，可用数理逻辑中的谓词表示，而谓词的真假值又可用1和0表示，故谓词演算可转化为计算机中的计算，于是人们普遍认为逻辑思维不仅可以归结为符号计算而且可以用计算机模拟。并且由音像的感知和识别以及记忆和联想甚至规划和决策等具有形象思维特点的操作已在人工神经网络中实现，有人还认为形象思维也可用网络计算加以模拟。

3.3 技术系统的文化地位演变

技术在文化系统中地位的演变，可以通过文化三角形的膨胀变形而得以形象地理解。代表技术系统、制度系统和观念系统的文化三角形的三个边，因为增长速度不同而导致文化三角形的变形。像技术三角形一样，文化三角形的变形在相当长的历史时期内的平均效果才表现出统计规律性。

在整个人类文化系统的变异-选择过程中，文化三角形的某个边处于长边地位，意味着某个子系统主导文化系统。文化系统三个子系统之间的相互作用倾向于形成等边的文化三角形，而系统的变异则总是倾向于破坏其等边结构。整个文化发展史所呈现的演化图景表明，文化系统的变异通过环境选择而演化的大趋势，大体上是沿着技术主导、制度主导和观念主导的顺序发展的。

由于文化系统中主导子系统的更替，技术在文化系统的地位要发生变化。这种变化表现为技术子系统与制度和观念两个子系统的主从关系。在技术主导文化系统的时代，技术的发展主要表现为技术自主。在制度主导文化系统的时代，技术发展表现为制度建构。在观念主导文化系统的时代，技术发展表现为观念塑造。

依据对人类历史的宏观考察大体上可以认为，技术主导文化系统的时代与农业文明相对应，制度主导文化系统的时代与工业文明相对应，观念主导文化系统的时代与科业文明时代对应。技术主导文化系统的时代早已成为过去，20 世纪下半叶以来的当代文化系统正在从制度主导走向观念主导。

3.3.1 技术主导文化时代的技术系统

文化系统中各子系统之间的相互作用，通过作为其环境的自然系统的选择，形成技术主导文化系统的状态，即技术在文化三角形中占据最长边。在技术主导文化系统的时代，技术系统是由自然技术主导的，制度系统是由政治制度主导的，观念系统是由信仰观念主导的。由自然技术、政治制度和信仰观念形成的主导文化群，其所呈现的文化系统特征体现为农业文明。

技术主导文化系统的时代出现在文化系统演化的第一阶段，也是技术系统本身发展的第一阶段。前面我们已经阐述了技术发展的三大阶段，即自然技术主导、社会技术主导和思维技术主导。在自然技术主导技术系统的时代，物质变化技术、组织管理技术和语文读写技术构成主导技术群；在社会技术主导技术系统的时代，能量转换技术、市场交易技术和逻辑推理技术构成主导技术群；在思维技术主导技术系统的时代，信息控制技术、学习技术和数学计算技术构成主导技术群。在技术主导文化系统的时代，其主导作用的本质在于，以技术的效率目标规范公正和创意，并引导着整个文化系统的发展。

技术发展主要表现为技术的自主发展特征。夹在自然与文化夹缝中的人类，在这文化系统发展的第一阶段，其生存和发展主要取决于利用自然的效率。这是一个科学还没有成熟的时期，一切技术都源于实践经验，无论是自然技术、社会技术还是思维技术。制度和观念的发展相对落后，为技术提供了自主发展的环境条件。对于整个文化系统的发展来说，技术起着一种决定性的作用。但是，这种情况是一种历史阶段的事实，而不是贯穿整个人类历史的普遍规律。我们不赞同技术决定论的技术理论，技术决定论和技术建构论一样都是有条件的。

在技术主导文化系统的时代，自然技术的自主发展突出地表现为金属革命。

在整个农业文明时期，耕牧、纺织、建筑、服乘和冶金是自然技术的支柱，但冶金技术具有特别重要的意义。金属的发现和利用是从蒙昧到文明的转折点，青铜器的使用导致氏族社会的解体和奴隶制社会的诞生，而铁器的使用导致奴隶制社会的解体和封建制社会的诞生和维持。在初民时代效率对于人类的生存比公正和创新更重要。早在公元前50世纪人类就开始用木炭加热炼铜，在公元前30世纪又开始炼铁，在公元前25世纪开始将铁炼成钢。铜、铁和钢被用来制造各种礼器、用具、农具和兵器。铁制农具的普遍使用极大地提高了农业生产力。维持一个人的生存，在渔猎、采集时代需要几千亩地，在使用木制农具的刀耕火种时代需要几百亩地，到铁犁牛耕的时代则只需要几亩地。这极有说服力地证明了金属对于农业时代的革命意义。西亚是最早发明了冶铁技术的地区，而中国则后来居上而成为冶金技术发展的主角。中国早在公元6世纪就发明以煤炭为能源并以兽力和水力驱动鼓风器的冶铁技术，到公元10世纪冶炼铸铁的高炉已达五六米高，并且腰鼓似的形状已接近于近代高炉。在整个中古时代，中国都是铁器出口大国，沿着丝绸之路源源不断地运往西域各国。工业时代的冶金技术发展，主要是通过使用焦炭燃料、鼓风机和平转炉，而使更大规模的炼钢成为可能。

在技术主导文化系统的时代，社会技术的自主发展表现为法律革命。古巴比伦第六代国王汉谟拉比(公元前1792～前1750)的法典柱是留存下来的人类第一部法典，在两米多高的黑色玄武岩石柱上刻着楔形文字的3600行282条之多的法律文件。可与巴比伦法典媲美的是出现在公元前10世纪的中国西周的《吕刑》，它是吕侯受命为周王制定的法律，其刑法包括墨、劓、剕、宫、辟五刑3000条，其中墨刑1000，劓刑1000，剕刑500，宫刑300条，大辟200条。在公元前486年由罗马执政官斯普里乌斯·卡西乌斯领导通过的使平民获得土地的土地法，导致十二铜表法于公元前451年在罗马诞生。树立在罗马广场中的刻有法律条纹的12块铜牌，使人类第一次有一群人在同一法律概念下生活在一大片土地上。它不仅成为全部罗马共和国法的基础，而且其立法权归人民的思想通过英国哲学家洛克(Johan Locke，1632～1704)的《论政府》(1690年)延续下来。美国的《独立宣言》(1776年)、法国的《人权宣言》(1897年)和联合国的《人权宣言》(1946年)都可以看作是罗马法思想的继续。

在技术主导文化系统的时代，思维技术的自主发展表现为文字革命。文字是人们思想的新工具，是它的活动范围的巨大扩展，是先后绵延的新手段。口语传统通过文字固定下来，相隔千百里的人们和不同代际的人之间能够互相沟通思想。随着书法和阅读技术的不断传播，越来越多的人开始分享共同的书面知识和过去及未来的共同之感。人类的思想变得能够在广大的范围里发生作用，千百个头脑在不同的地点和不同的时代能够相互引起反应，它成了一个更加持续不断和更加持久的过程。由于文字的发明，一种永存不朽的传统开始扎根在人们的心目中，人类日益清晰地意识到它本身和它的世界。

3.3.2 制度主导文化时代的技术系统

文化系统中各子系统之间的相互作用，通过作为其环境的自然系统的选择，形成制度子系统主导型的文化系统，制度在文化三角形中占据最长边。在制度主导文化系统的时代，技术系统是由社会技术主导的，制度系统是由经济制度主导的，观念系统是由理性观念主导的。由社会技术、经济制度和理性观念所形成的主导文化群，其所呈现的文化系统的特征体现为工业文明。

制度主导文化系统的时代出现在文化系统演化的第二阶段，制度本身的发展已经度过了它的政治主导而进入经济主导的时期，并且其继续发展还要到达社团主导。政治制度、经济制度和社团制度也各有其结构，政治制度由家族、政府和国联三大政治要素构成，经济制度由生产、流通和消费三大经济要素构成，社团制度由教会、行会和学会三大社团要素构成。在政治制度主导制度系统的时期，家族、生产和教会形成主导制度群。在经济制度主导制度系统的时期，政府、流通和行会形成主导制度群。在社团制度主导制度系统的时期，国联、消费和学会形成主导制度群。其主导作用的本质在于，以制度的公正目标规范效率和创意，并引导着整个文化系统的发展。

在制度主导文化系统的时代，技术系统的发展表现为技术的社会建构特征。不是蒸汽动力技术的发明直接推动了产业革命，而是一系列的制度为工业革命铺平了道路。当代经济学家、诺贝尔经济学纪念奖获得主道格拉斯·诺斯认为，对经济增长起决定作用的不是技术而是制度，政治制度和经济制度决定着经济实绩以及知识和技术存量的增长速率①。

在制度主导文化系统的时代，制度系统对自然技术的建构作用主要表现为，市场流通为技术的发展提供公平竞争的环境。作为市场经济制度一部分的专利制度，对技术发展的规范作用是显而易见的。专利作为对技术秘密的一种赎买，既推进了技术扩散也刺激了技术发明。专利技术能否实施决定于市场选择，尽管被登记的专利件数很多，但最终被实施的却很少。制度对于技术的建构，体现着公正与效率的结合。技术合理性与经济合理性并非总是一致的，市场选择的本质就是这两种合理性的一致性。同样的自然技术在不同国家的功能差异主要根源于制度，当代世界中发展中国家与发达国家之间的差距，不仅表现在自然技术水平上，更表现在制度水平上。

在制度主导文化系统的时代，制度系统对社会技术系统的建构作用，表现为市场经济制度与其他制度的合力将交易技术建构成社会技术的主导。买卖交易、管理交易和配给交易这三大交易技术，体现着公正与效率结合所达到的程度。单纯的买卖交易可以满足买卖双方需求，但不足以实现经济公正。管理交易是为了实

---

① 道格拉斯·诺斯，经济史中的结构与变迁，上海三联书店，1994年。

现国内交易的公平，而配给交易是为了大规模交易的公平。迄今，社会技术还没有进入专利保护的范畴，如何把社会技术纳入专利制度，这可能是完善市场制度的一个重要方向。

在制度主导文化系统的时代，制度系统对思维技术系统的建构作用，表现为市场经济制度与其他制度的合力将逻辑推理建构成思维技术的主导。思维技术的三大要素，语文读写、逻辑推理和算法程序，在市场经济的条件下出现软技术和硬技术的区分，与物化于生产工具及其物质产品的硬技术不同，凝结在技术过程和技术文献中的软技术是思维技术。经济学的"理性人"假设是市场经济制度对思维技术塑造的一种重要表现。

3.3.3 观念主导文化时代的技术系统

文化系统中各子系统之间的相互作用，通过作为其环境的自然系统的选择，形成观念子系统主导型的文化系统，观念在文化三角形中占据最长边。在观念主导文化系统的时代，技术系统是由思维技术主导的，制度系统是由社团制度主导的，观念系统是由价值观念主导的。由思维技术、社团制度和价值观念形成的主导文化群，其所呈现的文化系统的特征体现为科业文明。

观念主导文化系统的时代出现在文化系统演化的第三阶段，观念系统本身业已经历了信仰主导和理性主导而进入价值主导时期。信仰、理性和价值也各有其结构，信仰由神圣信仰、规律信仰和生命信仰三大信仰要素构成，理性由逻辑理性、实验理性和数学理性三大理性要素构成，价值由道德价值、功利价值和审美价值三大价值要素构成。在信仰主导观念系统的时期，神圣信仰、逻辑理性和道德价值形成主导观念群。在理性主导观念系统的时期，规律信仰、实验理性和功利价值形成一个主导观念群。在价值主导观念系统的时期，生命信仰、数学理性和审美价值形成一个主导观念群。其主导作用的本质在于，以观念的创意目标规范效率和公正，并引导着整个文化系统的发展。

在观念主导文化系统的时代，技术系统的发展表现为技术的观念塑造特征。信仰、理性和价值这三大观念要素，在塑造技术方面各自发挥着可能的作用，但价值观念在这个时代起主导作用。自然技术、社会技术和思维技术都受价值取向的支配，伦理价值、功利价值和审美价值各有其作用，但审美价值越来越成为主导的主导。观念的创意活动重心从理性转移到价值，而且价值创意的重心从功利价值移动到审美价值，整个技术系统都在这种演变中被重新塑造。

在观念主导文化系统的时代，自然技术的观念塑造表现为价值观念规范技术的社会运用。在文化系统进化到这个阶段，技术已经发展到很高的水平。由于自然技术的社会运用带来的一些未曾预料到的问题，诸如战争破坏、环境污染、生态失衡、信息安全，限制技术的滥用和预测技术的长远后果成为人类价值观念关注的焦点。当技术进步被用来毁灭人类历尽千辛万苦而获得的劳动成果时，科学家们

的内心满怀忧虑与无奈，对于社会迫使他们去做他们认为是滔天罪行的事时，他们往往以“不合作”的方式对抗权势。以奥本海默（John Robert Oppenheimer，1904～1967）为代表的原子科学家，在1945年目睹原子弹威力的残酷以后拒绝继续造氢弹。控制论首创人维纳（Norbert Wiener，1894～1964）毅然退出1947年春由哈佛大学和美国海军主办的讨论大规模计算器的专题讨论会，因为他害怕他所从事的工作被用到大规模的屠杀中去。美国万余名科学家和工程师在1984年公开宣布，拒绝为政府的“星球大战计划”服务。1970年代以来持续不断的群众性的环境运动，更有说服力地体现着人类的文化自觉。

在观念主导文化系统的时代，社会技术的观念塑造表现为学习技术成为社会技术的主导。学习的重要性为越来越多的人所认识，并且不断探索并实践共同学习的方式。随着集体学习方式的培育和发展，创造真正期望结果的能力得到扩展，集体的抱负得以充分释放。知识的生产和传播是一个学习的过程，而学习的过程本质上是创新的过程。学习与创新的相互交融成为一个整体，形成一个建构知识的经济活动过程。

在观念主导文化系统的时代，思维技术的观念塑造表现为算法技术造成为思维技术的主导。思维技术的三大要素，语文读写、逻辑推理和算法程序，人类的实践表明人类行为的合理性，不仅要合规律性，还要合目的性。以审美价值为重心的思维技术的价值塑造，把思维技术三大要素中的算法技术推到了历史的前台。

胡作玄

4. 技术的分类

技术分类是按照一定的标准把技术分门别类，从而揭示其相互关系的探索。技术分类的目的是为了理解技术之间的从属关系、结合方式、差别与相互补充以及每种技术在整个技术系统中的地位与作用。技术的分类对于全面理解技术系统，探索技术发展方向，认识技术的社会功能以及技术与科学、产业、经济、社会各方面的关系都是必不可少的参照系与概念框架。

技术分类与科学分类不同，迄今为止没有大家公认的、系统的标准和结果，其原因有下列几点：

(1) 对技术的认识远没有对科学的认识完整而清晰。对于技术尚没有很好的定义，也缺乏全面、系统的阐述。总之，技术哲学远远落后于科学哲学。没有明确的技术哲学基础很难对其内涵及外延有很好的把握。

(2) 技术与其他领域的关系错综复杂，特别是科学、工程、产业、社会、文化等方方面面的关系纠缠不清；尤其是把技术混同于科学的说法更是司空见惯，国内把高技术翻译成高科技并广泛加以传播就是最典型的例子。这样非但无益于问题的解决，反而大大增加了混乱。

(3) 技术是一个远为复杂的过程，不像各门科学有十分明确的对象，技术的内涵不完全局限于某种实物，有时更强调某种步骤及方法。科学虽然也在发展，其对象范围并不因此而改变。科学集中体现于系统的知识当中，而技术则不限于此。

(4) 技术有漫长的历史特别是有不断演变的未来。技术的前沿永远是开放的，可以说是难以预料的。科学也是不断发展的，但是无论如何发展总是可以纳入分类体系的框架之中，例如，X 射线、激光、放射性等大发现，总可以在物理学原来的分类中加以延伸找到它的位置。但是，技术的发明往往就难以给予恰当的划分和预测。例如，在电子计算机发明之前，除了计算器械这个大口袋之外，无处容纳它。也许有人把它放在电子技术中，如果这样，就很难把 DNA 计算机、量子计算技术和量子计算机、神经计算机、生物计算机等加以分门和归类。由于新技术往往是多种因素综合而成，很难恰当归类，这就使得某些技术分类往往是传统的、甚至是僵死的技术列表，而不是面向未来的、开放式的、活生生的、能与时俱进的分类。

基于上面所说的困难,我们在下面采取多标准、多方面的分类方法,特别是设计一些面向技术发展、面向未来的技术分类初步方案。

4.1 技术的通常分类

由于上述种种原因,技术并没有公认的分类,这与科学有着明显的不同。正如在路甬祥主编的《现代科学技术大众百科》"技术的分类"条目中所讲:"时至今日,还没有一个为大家所公认的技术分类标准"。这的确反映该书出版时 2001 年的情况。在这个条目中,也列举了上十种不同的标准对技术进行分类,但即使这种极为粗糙的标准,技术分类也很难说规范。在技术哲学、技术理论以及技术工程的著作中,不是没有任何技术分类的论述,就是只有粗糙的、不合规范的分类,这样就使得分类没有任何理论价值,也没有实践的指导意义。尽管如此,我们还是列举其中一些分类标准及分法,以求在考虑这个问题时参考。

4.1.1 通常技术分类的 10 个标准

技术分类的标准很庞杂,这里简单归纳为下述 10 个分类标准。

(1) 按技术出现的时间顺序分类。

这种标准有一定的优点,它反映技术由简单到复杂,由落后到先进的自然深化过程,而且越早期的技术,越反映人类的更基本的需要,同时构成后来技术发展的起点。这种分类标准采用者颇多。例如《大众百科》据此把技术分为旧石器时代技术、新石器时代技术、青铜时代技术、工场手工业时代技术和近现代工业技术等。但这种分类似乎太粗。《大美百科全书》(Encyclopaedia Amaricania)依据技术史和社会史进行分期更为准确,而且每个时期列举了该时期产生的标志性技术。其分期为:① 石器时代;② 城市的兴起;③ 希腊和罗马的文明;④ 中古前期;⑤ 中古后期;⑥ 文艺复兴和巴洛克时期;⑦ 英国工业革命时期;⑧ 19 世纪;⑨ 20 世纪。如果按照权威的辛格(Singer)的 8 卷《技术史》,则分类将更为科学。

(2) 按技术水平高低分类。

这种分类方法大致反映技术随时间的进步,但与(1)有所不同。(1) 是对所有技术来分类,(2) 可以对每一种技术来评价,即技术可以分为先进技术、中间技术、落后技术,这些在对技术进行比较、对技术进行评价以及预测时,有一定参考价值。

1980 年左右,西方提出"高技术"的概念。这个概念并不十分确切,只是 20 世纪一些技术群的统称,其中包括:信息技术、新材料技术、新能源技术、生物技术、海洋技术和空间技术。高技术的概念颇为含糊,大致包含如下的意义:在最新科学基础上产生,是当前的核心技术、对社会、经济等影响很大;并具有 6 大特性,即创新性、智力性(知识密集)、带动性、战略性、风险性和时效性。但从近 20 多年的实践看,只有计算机和信息技术影响很大,堪称技术革命,而其他高技术领域还有待发展。

(3) 按技术处理对象分类。

如技术处理的是自然对象,可分为动物、植物及矿物三大范畴,除了自然对象之外,技术处理的对象可以是准自然对象(如沙漠)、人、人的心理及意识、社会、知识、符号系统等等。

(4) 按技术的成果或后果分类。

对狭义技术而言,技术对象经技术处理产生一定的技术成果。它们可以是自然产品(如捕获的鱼)、仿自然产品(如农作物)、加工的自然产品(如木材)、组装的产品和人工制品等。技术的后果也包括人和人的生理与功能状态的改变(如医疗技术),人的知识增长,人的能力增长等等。

(5) 按技术过程分类。

粗分可分为简单的技术和复杂的技术。最简单的技术类似于化工的单元操作,复杂技术则由它们组合而成。对于一般物质技术来说,可以分为直接获取技术、间接获取技术,加工技术,广义加工技术等等。

(6) 按照技术媒介分类。

在实现技术过程中有些主要靠人的体力、技巧、能力和智力,有的则需依赖工具乃至更复杂的机器以及自动控制机,更复杂一些的是程序机器人以及人工智能系统等。

(7) 按产业结构分类。

这是比较常见的分类标准。在实用上有较大的参考价值。但许多分类不在同一基准线上。例如农牧技术、工业技术、采矿技术、冶炼技术、建筑技术、代工技术、材料技术、能源技术、信息技术、航天技术等(《大众百科》)。显然有所遗漏,而且技术与产业也不完全一一对应,因此,通过下面按技术社会功能分类可弥补一些缺失。

(8) 按技术的社会功能分类。

《大众百科》粗分为生产性技术和非生产性技术。前者大致可同产业分类对应起来,而非生产性技术包括医疗技术、教育技术、军事技术、环境保护技术、减灾防灾技术等。

(9) 按技术系统分类。

技术系统是满足社会整体需要,具有综合功能的技术群体。按照这种分类,可分为资源技术、制造技术、传输技术、能源技术、建筑技术、信息技术、保健技术、管理技术等。

(10) 按技术学科与知识分类。

现在通常的错误是把科学与技术混为一谈,甚至把"高技术"译为"高科技",造成很大的混乱和误解,实际上,科学未必对应相应的技术,有些技术也不是来自科学认知。由于上述的混淆,产生出按学科分类来分类技术,这显然是有偏颇之处,甚至李约瑟在他的《中国的科学与文明》中,也采用这种分类法。因此,这里也重复一下。这种分类,首先是物理技术、化学技术和生物技术,但是数学技术、天文学技

术、地学技术究竟指什么就要明确定义。的确现在有计算技术,但也有人分辨不清计算机制造技术、计算机应用技术、软件技术与计算技术的关系。科学分类比较准确,但相应技术往往不够清晰。

4.1.2 常见实用技术分类

由于技术有重要社会功能,在实践上不可避免地要有一些实用的、方便的分类,这些分类法突出地表现于下述情形:

① 专利申报与检索; ② 技术资料的检索; ③ 产业、职业、工种等的分类; ④ 各国、各机构部门乃至个人对未来的规划与技术预测。

这些分类主要用于实用目的,但对技术的科学分类也有所借鉴。

最为有代表性的是日本五年一次的技术调查所做的分类。

从20世纪60年代末起,日本政府科学技术厅进行5年一次进行技术预测调查,按年份(取中间年份)为1971年、1976年、1981年、1986年、1991年、1996年、2001年,至今共7次,一般对十几个领域,千余个课题进行调查。这些是官方组织的最大规模的技术战略预测的活动。因此,从管理角度讲,他们的分类方式有参考价值。各次预测的分类稍有出入,这里只举第4次的分类为代表,它覆盖面比较完整。

它把技术共分为17个领域:

① 物质、材料、加工;② 信息、电子、软件;③ 生命科学;④ 航天;⑤ 海洋;⑥ 地球;⑦ 农林水产;⑧ 矿物、水资源;⑨ 能源;⑩ 生产、劳动;⑪ 保健、医疗;⑫ 生活、教育、文化;⑬ 运输;⑭ 通信;⑮ 城市、建设;⑯ 环境;⑰ 安全。

4.1.3 技术按时间顺序分类

技术按时间顺序分类虽然不是科学的分类方法,但是由此可以看出技术的发展要素以及比较基本的技术。古代的技术涉及人类生存的必要技术,因此是最先发展起来的,这些技术通过不断发展一直延续至今,当然,这些基本技术大都经历过近代科学和技术的改造,落后的技术也不断地被淘汰。总的说来,技术的发展是一个进化过程,技术的先进性是不断加强的。但不可否认,有些技术有地域及文化的独特性,其他的地域和文化如果不通过技术交流和输入很可能造成技术缺失。最典型的是外国缺少中国的制瓷技术,中国也缺少外国的玻璃的制造与加工技术。有些地区甚至没有用轮子和制轮子的技术。

按时间顺序可把技术分为古代技术、近代技术和现代技术。古代技术大约是1800年前的技术,大都是手工劳作以及少量辅助工具,基本上是基于经验的技术。其后的技术多是基于科学的技术,也有基于经验的技术和混合型的技术。

(1) 古代技术。

可分为10大领域:捕捞、狩猎与农业、畜牧业技术,纺织与制衣技术,土木建筑

技术，交通运输技术，冶金与物料（石、木等）加工技术，制造技术（陶瓷、玻璃、漆器等），武器（制造加工）技术，简单机械与仪表技术，文字、计算及测量绘图技术，医疗、保健技术。

（2）近代技术。

大约从 18 世纪末到 20 世纪中叶。除了古代技术的近代改造之外，有明显的基于科学的技术，特别是基于化学与电学的技术。

动力机械技术，主要是蒸汽机及内燃机；电技术，主要是电动机、发电机电力系统以及电光源与电池等；通信技术，主要是电报、电话以及无线电技术；机械系统，主要是机床系统以及对各种产业的机械化；化工技术，主要是无机化工，煤化工以及有机合成，化学制药等；规模材料制造及加工技术，主要是钢铁及合金、水泥、混凝土等；抗生药物等治疗传染病的方法，免疫学方法；热兵器技术。

（3）现代技术。

在 20 世纪中叶以后形成为现代技术，主要是基于科学的技术，尤其是高技术。

航空技术；航天技术；石油化工与高分子化学技术，特别是塑料、人造纤维等后来发展为新材料技术；电子技术；激光技术；核技术以及新能源技术；电子计算机技术；生物技术；自动化技术；信息技术。

4.2 技术分类的理论标准

1994 年，在米切姆（C. Mitcham）出版的《思考技术》（Thinking through Technology）一书中，通过四条途径来定义技术，即作为对象的技术、作为知识的技术、作为活动的技术、作为意愿的技术。与前人不同，这四个方面比较全面地概括了技术的各方面。从哲学的角度来看，技术产品是人工产品，反映了技术的本体论，实际上是其实体部分；从形而上学角度看，也有人把它看成技术的目的论。技术知识反映技术的认识论，技术知识不少来源于科学，但大部分来源于经验，许多人把技术与科学混为一谈，这完全是概念上的错误，技术成功的背后，虽然有科学原理的支持，但成就技术时不一定对这种原理有所认识，甚至完全不认识，例如，1903 年飞机上天完全是试验的结果，而不是科学原理的指引，科学原理实际上在 1904 年才由德国力学家普兰托（Prandtl）得出，即所谓附面层理论。

与科学不同、技术必须是可以操作、可以实现的，因此，技术往往等同于操作过程。科学往往只论证过程的可行性或做出优劣的评价，但如何实现以及如何更好地实现测量最主要的技术问题，这相当于技术哲学的方法论，以上三个部分反映了技术的“死”的部分，也就是其工程师的工作方面或者狭义的技术哲学方面。

技术哲学的另外的部分是其人文的方面。米切姆指出技术的目的论方面，即技术是人的意愿的体现，它很大程度上通过物质来体现，也有相当一部分通过行为、精神、社会体制、文化来体现。狭义技术，即我们通常所说的科学技术中的技术

中缺乏这方面的考虑而是不完整的。值得注意的是，技术的目的论其实不简单是改善生活以及提高生活质量，它在发展过程中也包含许多邪恶目标，如制造大量灾难的核武器、化学武器、生物武器等，另外除了技术中的科学因素与狭义技术因素外，还应考虑其中社会因素，其中包括：

① 政治因素：即技术的政治后果；

② 经济因素：例如市场前景以及利润评估；

③ 环境因素：对环境的破坏以及长期后果；

④ 社会因素：涉及人口、道德、文化、教育、传播、法律、宗教等诸多因素。

总之，科学一般讲是价值中性的，而技术则是有价值取向的。技术的这个方面必须在技术研究特别是分类时受到重视，它对于未来的技术发展有着重要的指导意义。

4.2.1 作为产品的技术分类

产品是技术最为直观的体现。大多数技术最终目标是产生出具有特殊功能、满足特殊需要的产品。随着从古到今技术的进展，产品的技术含量不断增加，也不断复杂化。这个过程也就产生出亚当斯密时代起就开始认识到的“分工”现象。分工、分业实际上就是凝聚在产品中的各种技术的分类。现在的产品无论从结构、还是从组成方面，都十分复杂，而且其中产品凝聚的技术也各种各样，包含的知识、技能也有高有低，有深有浅，因此，产品的技术分类是很困难的。这里对于产品的分类偏重于产品功能以及需要来划分，从某种意义上讲，这比较接近于行业的分类，而从另一方面，它也接近于实物专利的分类。

我们把技术产品及其相应技术划分为：

(1) 原料。

一般指直接或间接由自然获取，或经过粗糙的初步加工所得到的产品。这类产品有些直接消费，有些则是制造更复杂产品的原材料。这部分产品包括农业产品、木材、石材、煤、石油、金属材料、非金属材料、陶瓷等等。

(2) 化工产品及材料。

一般经过比较复杂的加工过程获得，特别是随着化学的进步而制造的精细化工产品。其中包括大宗的化工产品有化肥、农药、玻璃、日用化工产品(如洗涤剂，去污剂、润滑剂)等，以及主要靠人工合成，需要比较先进化学知识的产品，特别是：

① 塑料、合成橡胶、人造纤维等高分子产品；② 医疗用药以及其他辅助产品；③ 化学试剂；④ 日常精细化工产品，如食品添加剂、香水等。

这部分还包括各行各业需要的有特殊用途的加工材料，如半导体。

(3) 工具。

参与技术过程的通用器械，有用于手工操作，也有用于机器上。如木工用的斧、凿、刨、锯；机工用的刀具(车刀、铣刀)、磨具、夹持固定用具、量具等；农业用的

锄、犁、土木建筑用的铲等。

(4) 仪器仪表。

在科学技术中用于检查、测量、计算、控制的器具设备。一般具有精密的结构及灵敏的反应,其工作原理是依据科学的,包括机械的、电磁的、光的、化学的等工作是在严格条件下进行的。随着科学的进步,仪器仪表的精密程度与工作性能有很大的提高,特别是电子数字计算机的出现全面改变了过去的仪器、仪表的使用情况。

这类产品包括钟表、测量仪器、绘图仪器、计算机、物理仪器、化学仪器以及包含测量各种物理量的仪表,如气压计、温度计、湿度计、电流计、电压表等。

在任何技术领域都具有自己一套仪器仪表,如气象仪器、航空仪表、航海仪表、化工仪表、热工仪表、电工仪表等。

(5) 零件部件。

构成机器、仪器仪表以及其他各种装置的基本组成单元。如螺钉、螺母、弹簧、轴等通用机械零件以及电阻、电容、半导体等电器电子元件以及手表中的游丝、发条等。

由零件元件通过简单的连接形成的构件,如轴承等是介乎零件与部件之间的中间组成部分,从技术上也可以做为零件看待。

机器设备中一个独立的组成部分称为部件,它由若干零件、构件组装而成,如汽车的变速箱等。

(6) 机器。

机器是用来利用和转换机械能完成一定工作的装置。它的范围可大可小。按马克思的学说,可分为四大类:原动机、变换机、工作机和控制机:

① 原动机把自然界的能或其他非机械能转变为机械能,如蒸汽机、内燃机、汽轮机、电动机等;

② 变换机,变换机是把机械能变为另外形式的能量的装置,如发电机、空气压缩机等;

③ 工作机,工作机是把机械能用以完成生产过程的装置,它用来改变物体的性质、外形、状态、位置等等,例如各种机床、起重机、纺织机等。根据其功能可分为:加工机械。如车床、铣床、刨床、钻床、磨床、镗床等;搬运机械,如起重机、搅拌机等;成型机械,如水压机;铸造机械等等;

④ 控制机,包括传感器、调节器、控制器、操纵器等。

(7) 机器系统。

机器系统往往包含不止一个机械部分,而且还包含其他类型的产品,它们作为最终产品,用于特定的目的,如汽车、火车、飞机等。比较复杂的有各种航天器。近来的机器系统大都通过计算机实现整体自动化或局部自动化。

(8) 复杂自动系统。

典型的是计算机和机器人系统。

(9) 人工生物系统。

如转基因植物、动物以及经过改造的生物体。

(10) 大型工程。

包括各种土木建筑、桥梁、道路、隧道等等。

(11) 信息载体。

如报纸、书籍、电影片、唱片、计算机存储设备等。

(12) 电子信息产品。

如无线电接收与发送系统、医学成像系统、网络系统等。

4.2.2 作为过程的技术

一般来说,技术是通过一定的方法把输入变成输出的过程,这个过程可以经过一系列的操作,它们是技术最为核心的部分。按照过程的观点将技术分类,实质上就是将这些操作和变换加以分类。

典型的物质处理过程是化工过程。化工涉及复杂的传质、传热过程,其中最基本的是分离过程。无论是经验技术,还是基于科学的技术,都有许多把各种混合的物质分离开的技术,例如蒸馏、吸收,吸附、结晶化、蒸发、萃取、透析、电析、膜分离等,有的原理及操作简单,有的则十分复杂,在不同情形下需要经历一系列的技术过程来完成一个任务,例如海水淡化,这些都反映也作为过程的技术的重要性,它们可以分类成如下几大部分:获取原材料及成品、产品的技术,包括捕捞、狩猎、采掘、农耕等;人工制造材料技术,如陶瓷、玻璃、塑料、水泥等材料的制造;加工技术,对于原材料进行加工、改造、包括金属切割、成型等;组装技术,把不同零、部件拼接、组装成新的产品,如机床等;能量技术,包括能量产生、转换、传输、变换、存储、测量和利用等技术;信息技术,包括信息产生、获取、传输、变换、加工、存储、显示、测量和利用等技术;控制调节技术;医疗技术。

由于过程都是对某类对象进行处理、加工、改造,操作,因此可按照操作对象分成几大范畴:

(1) 物质处理技术。

涉及自然界物质的获取、天然物质的变化、加工、改造、定做仿制、人工合成物质、人工制造材料等技术。更一般的物质技术还包括,对一定的物质材料进行加工、处理、改造、拚接、组装等技术,经过许多工序、操作之后获得一定的产品。还包括各种物质特别是废弃物的回收、利用等技术。

(2) 能量处理技术。

涉及能量的产生、转换、存储、传输分配和有效利用等技术。特别是,对于可再生能源的有效开发以及能源的节约和绿色能源的开发、廉价能源的利用等技术,受到更多的关注。

(3) 农业技术。

涉及天然植物、动物的获取以及人工对作物的栽培、种植、培育、改造和加工利用,对动物的驯养、繁育、品种改良,对于动植物病、虫、害的防治等方面的技术。

(4) 医疗卫生技术。

医疗卫生技术一般分为两部分:狭义的医疗技术就是疾病的治疗,广义的医疗技术就是人体状况的改善。狭义的医疗技术大致可分为四个部分:

① 监测技术:对于人体的状态、状况进行定性及定量的描述,为诊断提供事实基础。由于人体的复杂性,涉及许多难以直接看到的地方,而且涉及许多微量物质以及微过程,包括极快速的过程以及较慢的过程,还有各种各样的变化和逐步的积累效果,因此,监测技术是建立在物理、化学、生物、计算机科学等科学基础上不断改进的技术领域。这形成快速进步的逐步相当专门化的一些技术部门。近年来,最显著的是医学成像技术,特别是CT技术、核磁共振成像技术、正电子成像技术等。另一个部门是微量及超微量分析技术等。除了静态分析技术之外,还有动态的追踪技术,这些都为诊断及治疗提供可行的事实依据。

② 诊断技术:诊断是根据或多或少的事实做出一定的判断或推断为治疗提供方向。通过检测和诊断技术,应该对患者的疾病有一定的判断。诊断技术既有一定的理论负荷,也和经验有关。这由于对疾病尚没有完全科学的认识,疾病的分类还难以准确地、严格地定位。另外,还涉及许多新的疾病的产生与演化。

③ 治疗技术,疾病的治疗在很大程度上还是经验技术。许多疾病因并不确切知道,而且即使知道也往往并没有有效方法去治疗,例如,19世纪末已知肺结核是结核菌感染的结果,但半个世纪之后才有比较有效的药物,如链霉素、雷米封等问世。显然,药物只是治疗的一个方面,尽管是主要的方面,外科手术,物理疗法乃至一些非主流技术也是常用的。医学的主要发展在于治疗技术的发展与改进。

④ 代用技术:当某些器官,组织甚至细胞不能修复就需要使用代用品来维持功能,其中包括器官移植与代用品合作(如人工心脏,假肢)。

4.2.3 作为知识的技术

现代关于科学技术的提法有一个明显的错误,那就是技术源于科学,技术一定有科学背景,技术知识即科学知识。实际上从古到今的技术大部分不是来源于科学知识的,甚至有了技术,也不知道为什么。典型的例子很多,许多药物,特别是,药物为什么有疗效,至今也搞不清楚;玻璃的原料配方并不精确,也不知道为什么透明等等。即使是基于科学的技术,也需要不断地试验和改进,才能得到较先进的技术。因此,作为知识的技术,大体上分为两大类:一是基于经验的技术,一是基于科学的技术。当然,它们之间也不是截然划分开的。不过历史常常是划界的好判据。当然也有许多情形,传统技术也由于科学的发展和进步而转化为科学的技术,这种情形反映科学推动技术的直接影响,标志着人类认识的飞跃。不可否认,科学

与技术是相互促进的,较难截然分开。但是,技术系统一般是复杂的,关于复杂系统的技术知识往往很难由系统知识来表述,这就是为什么哈贝马斯(Habermas J.)区别技术知识与科学知识的理由。

可以说,古代的技术均为经验的技术,近现代的技术也并非是基于科学的技术,例如自行车、拉链等。

基于知识来分类技术可以分为两大类:一类是基于经验的技术,一类是基于理论知识的技术、或者基于科学的技术。

(1) 基于经验的技术。

依据知识的来源可分为四类:

① 偶然发现的知识,并由它们产生的技术,如用火技术、采集技术;一些材料的制造技术,如玻璃、陶器、酒的制造等;

② 经验累积的知识产生的技术,如狩猎、捕捞技术(对于猎物出没情况要有长时间的观察、积累)、农耕技术、冶金技术、制瓷技术等。与偶发的技术不同,这些技术具有普遍性,几乎各民族都或快或慢产生这种技术,它仍构成原始文化的重要组成部分,而且传承下来,一直到今天。在没有科学的技术干预的情形下,它仍具有相对的稳定性,成为基本的生存技术;

③ 通过试验错误产生的技术,试验错误永远是人类认识的重要手段。但是,这里的试验与科学实验还有一些不同。主要不同之处在于科学实验有理论基础,而这里的试验多少有些盲目性。这类技术主要的例子,如纺织技术、造纸技术、冶金技术、金属材料加工技术(如铸造)、机械制造技术、蒸汽动力技术、植物和动物育种技术等;

④ 基于思辨理论的知识而形成的技术,典型的是各民族的传统医疗技术。

(2) 基于科学的技术。

这是一个复杂的过程:

① 由科学启其端,也就是最终产品是科学理论及概念的具体实现;

② 科学提供思维框架,包括各种可能性、规律及禁戒;

③ 科学提供研究及改进的方向、有效改进的步骤;

④ 科学提供不同层次的技术手段来鉴定、观测和分析物质及过程,这种技术过程是可控制、可操作、可重复的。当然,这种转化过程还不可能是完全确定的,由于科学认识的局限性、实际过程的复杂性以及理论与实际的差别,上述经验方法仍然要用到。但是,上述四点却是本质的,特别是,从科学出发、有科学理论指导、减少盲目性是划分科学的技术与经验的技术的一个重要标准。最早现代化技术是科学的技术的一个实例,而近年来这类技术形成的产业越来越多,典型的有无线电技术、激光技术、半导体技术以及基因重组技术,显然它们是相应科学的产物。

基于科学的技术最方便的分类方法是依据科学的分类,如我们在科学系统论

中设计的分类框架。基于科学的技术按其来源分为如下技术群：物理技术群、化学技术群、生物技术群、数学及系统科学技术群、心理技术群、社会技术群等：

① 物理技术群是依照物理学及力学原理和理论形成的一系列技术，其中包括：热工技术，即基于热力学的技术，许多热机如蒸汽机、内燃机、汽轮机的设计与改进都基于热力学理论以及流体力学等；电工技术，即基于电磁学理论，包括发电机、电动机、电路及电网络技术等；无线电技术，完全根据麦克斯韦方程求解而成，涉及无线电的发射、接收、调制、放大等技术，从波段来分，有微波技术等；光学技术，包括光学仪器技术、光学成像技术，从波段上，又分为近红外及远红外技术等；微电子技术，包括半导体、集成电路等技术；固体物理技术；声学及超声技术；激光技术；原子物理及分子物理技术；核技术，如放射性检测技术、同位素技术、核能技术等；核子物理技术，如正电子成像；等离子物理技术；极端状态技术，包括高压技术、真空技术、低温技术等；量子技术，如量子信息、量子计算机等技术；

② 化学技术群，即基于化学关于物质组成、结构、性质及化学反应的知识而形成的技术群，其中包括：化学分析技术，鉴定物质的组成及结构；化学合成及制造技术，其最主要目标是通过一系列过程合成或造出具有给定性质的物质；化学反应调控技术，对一定的化学反应使之加速、减速以及按照确定方向进行的技术，其中重要的组成部分是催化技术；

③ 生物技术群，即基于生物科学的理论形成的技术，其中包括：基因技术，特别是基因重组技术，由此产生转基因作物；细胞技术，特别是克隆技术、酶及蛋白质技术。

4.2.4 作为意愿的技术分类

从满足人的需求来看，技术是完全不同于科学的。科学知识是客观的，“不为尧存，不为桀亡”。但技术过程及技术产品、技术手段一般都是有一个目的的，要达到一定的目标。当然是否能够达到目标是另外一回事，这与技术是否先进有关。

人的意愿、目标、需要、需求非常多，也没有完全统一的分类。现在，参照马斯洛(Maslow)的人本主义心理学中论及人的基本需要进行分类。

(1) 人的生存及繁衍技术。

① 食物及饮水获取与加工技术：包括农业技术、烹调技术、食品储藏技术、水的清洁技术，水的传输等；

② 住居建造及维修技术：包括土木技术、建筑材料制造和输运技术；

③ 衣物制造及加工技术；

④ 生活用品制造技术；

⑤ 医疗技术：包括卫生技术、治疗技术、妇产科技术、育儿技术；

⑥ 生产技术：包括基本生产工具、陶瓷技术、冶金技术；

⑦ 交通运输技术；

⑧ 经济管理及分配技术。

(2) 社会维持及交流技术。

① 语言技术以及其他交流技术； ② 信息传输技术；

③ 信息储存、积累技术； ④ 信息传输技术；

⑤ 教育技术； ⑥ 防卫技术；

⑦ 商业技术； ⑧ 政治与行政技术。

(3) 促进个体及群体发展的技术。

① 军事技术； ② 研究开发技术；

③ 大规模工程(海底隧道，填海造陆、运河开凿等)； ④ 海洋开发与资源利用；

⑤ 身心健康增进技术； ⑥精神文化的发展；

⑦ 思维技术。

(4) 维持及改进环境的技术。

① 自然灾害的预测预报与控制技术； ② 污染的防治技术；

③ 废弃物处理技术； ④ 生态保护技术；

⑤ 森林、草原等保护及再生技术； ⑥ 沙漠、荒漠等经绿化技术；

⑦ 环境破坏的探测与修补技术(如臭氧层破坏)；

⑧ 新兴环境创设技术(如生物圈计划)。

大多数人类的需求导致产业的形成与发展，这样，技术的分类反映在产业分类之中。同时，这引起所谓"高技术"概念的兴起。它与知识密集度密切相关。

加拿大葛拉(Gera, Surendra)[①]等将社会所有产业部门归纳为 55 个，以知识密集度划分为三群：

(1) 高知识密集度群。

科学与专业设备、通信及其相关设备、电子设备、飞机及零部件、计算机及相关服务、商业机械、工程与科学服务、制药与药品生产、电力、其他化学产品、机械制造、能源与化工、管理咨询服务、教育服务、医疗与社会服务、管道运输、其他商业服务等 17 类。

(2) 中知识密集度群。

其他运输设备、其他电力与电子产品，非铁矿金属工业，纺织、橡胶、塑料、通信、汽车及零部件；纸张及制品，采矿、建筑，生铁金属工业，非金属矿业生产，批发贸易、印刷与出版，原油与天然气，金属产品制作，粮食、饮料、烟草，金融、保险和不动产，娱乐与休闲服务，其他公用产业，急极服务、其他服务等 17 类。

(3) 低知识密集产业群。

捕捞与狩猎、其他机械制造，木材，家具与耐用消费品，林业，运输、仓储、农业、零售，个人服务，土石沙方挖掘，居住、食物与饮料，成衣，皮草等。

---

① (Gera, Surendra and Mang, Kurt, the Knowledge Based Economy: Shifts in Industrial Output 转引自谢康：世界信息经济与国家知识优势，广东人民出版社，2001 年。

从技术中研发密集度，即研发经费对总产值的比，经济合作与发展组织将制造业划分为高技术、中技术、低技术部门。高技术有 5 类：航空航天、计算机、办公设备、电子一通信、制药。中高技术有 5 类：科学仪器设备、电子机械、汽车、化学工业、非电机设备。中低技术有 7 类：船舶制造，橡胶、塑料设备、其他运输设备，石、土和玻璃制品，有色金属，其他制造业，金属制品。低技术有 5 类：石油提炼，黑色金属，造纸，印刷，纺织和服装，木材和家具等。食品与饮料也属于低技术。

4.3 广义技术

上述技术的分类大体上是从通常的技术，也就是狭义的技术角度来研究的，而技术系统论则要求把技术的概念加以推广，即形成所谓广义技术的概念，许多思想家研究这一概念。

4.3.1 福柯的广义技术分类

法国著名思想家福柯(Foucault，M.，1926～1984)，在去世后出版的《文集》(1988)中，把技术分为四大类型：生产型技术，这是我们通常理解的狭义技术，如产品的制造，组装等等；权力型技术；符号型技术；自我型技术。这个观念受到许多人的重视，也产生了许多研究。

从这些观点出发，我们可对以上分类加以扩张。在本书中，对于技术也做了广义的分类，特别是把技术分为自然技术、社会技术及思维技术三大类，并对各类技术深入地进行探索进行一定的分类，有关情况请参照相应各章。

4.3.2 技术系统及其分类问题

关于技术的哲学问题有许多讨论及争议，“什么是技术”比“什么是科学”更加难以回答。不过，为了进行深入的研究，必须对技术概念加以明确。用波普尔(Popper，K.，1902～1994)的说法，我们必须在科学与技术，技术与产业之间适当地划界，尽管这个界限有一定的模糊性，而科学哲学与技术科学的研究就是要一步一步地使得这个界限更加清楚。另一方面，对于技术的内涵，我们也需要适当界定，以免流于空泛，大而无当。

当代著名大哲学家哈贝马斯(Habermas，J.，1929～　)曾把知识类型分成四类；它们大致是技术知识、理论知识、道德实践知识、美的实践知识，而它们产生的可以留传下来的成果分别是技术、理论、道德、法律观念和艺术作品。我们不一定拘泥他的论述，但却可以做为考虑问题的出发点。因为平时最常见的技术论述，为了强调与科学的理论性相对立的实践，常常说一切实践知识，这对技术的本质不易抓住，也不利用科学到技术转化的研究。这种定义另一类麻烦来源于实践，有客观性及主观性、社会性及个体性、常规性及创新性诸多侧面，不加区别很难讲清楚问

题，而且常常把技术与个人的技能、技巧、技艺混淆起来。因此，我们对技术的特征做如下刻划，通过这些特征与科学同其他实践知识相区别：

(1) 技术是一种客观的知识。

它与实践主体基本无关，在这种意义上与科学没有区别，因而是可以传播的，可分享的。

(2) 技术是目的论的行为。

即掌握技术知识的人知道技术后果，这与科学是确认事实的行为截然不同。正因为如此，技术是可以评估及比较的。

(3) 技术是可操作的过程。

通过一定的机制实现这个可操作的过程，并取得确定的效果。在这种意义下，必须一方面同个人的技艺相区别，另一方面，同技术的物质化载体——机器或产品相区别。

(4) 技术的多样性介乎科学的多样性及产业的多样性之间。

科学提供了全面的可能性及限制。例如，科学上定在它的适用范围之内是不能违背的，如热力学第一定律、热力学第二定律，指出第一类及第二类永动机的不可实现性。但在这种一般限制之下，在改进热机，或更具体讲，在提高蒸汽机、内燃机的效率上仍然存在种种限制。在技术上的限制，限制了技术的多样性，许多理论上的预言只有在技术条件成熟的条件下，才有可能实现，例如，激光技术和全息技术都是在理论创立几十年后才发展起来的。

现实实践证明，从技术到产业的转化这个过程是很复杂的，这正是开发研究所要解决的问题。这个过程之所以曲折，是除了科学、技术的约束条件之外，还有诸如环境、市场、经济效益等等社会因素，因此，选择空间更为狭窄，风险更大，需要更进一步分析。

这条原理表明，多样化的系统分析提出了进行科技开发、实现技术及产业的转化的关键。而通常单打一的技术经济分析及市场分析则缺少这个环节，也是发展中国家长期技术及经济落后的原因之一。

(5) 技术的产生是发明，是主动创新的过程，技术家在多维的选择空间有较大的回旋余地，这与科学产生于观测、发现事实、追求确定的普遍原理的情况大不相同。当然在科学发现过程中，无论是实验技术、观测技术，还是计算及数学技术，技术的改进，往往起着决定性的作用。这些技术的结果是得出“真理”，技术创新不能改变真理本身(当然能改变我们认识的程度)，但技术使我们能力增大，而这正是“知识就是力量”的真正含义。

(6) 技术的人工性表明，技术要经历人工过程，技术产品均为人工产品。尽管技术有仿照、模拟自然的可能性，技术目的可能是开发和利用自然资源，技术过程仍然是在人的干预下主动进行的。

根据技术系统论的考虑，我们把技术系统的分类框架确定一下。我们认为，技

术系统的分类必须满足下面的基本原则:

① 覆盖性; ② 开放性; ③ 系统性; ④ 实用性。

任何分类系统必须满足覆盖性。这也就是对于已有的技术一定在框架中有其一定的地位。覆盖性也就是完备性。但是,技术系统不是封闭的、一成不变的体系,它每时每刻不断进步、不断创新,高新技术层出不穷,如果我们的技术分类不能包容新的技术门类,就会是极大的缺陷。因此,技术系统的分类要足够宽泛,能够包含技术进步可带来的新事物,这就是技术的开放性。过去技术分类的一个缺点是缺乏系统性。各种技术平摊在一个层次上,缺少多层次的隶属关系,这种技术分类有较大的局限性。当然,任何分类没有绝对的科学性及客观性。分类系统多少要反映分类者的目的,也反映分类者认识的局限性。因此,在任何时候,分类应该考虑实用性。

从操作上讲,我们应该先粗分后细分,继而考虑分层。下面给出技术系统的粗分类框架。

我们把技术系统分为三级:

① 基元技术:是技术的原子,相当于化工中的单元操作。在所有技术中的操作由它们构成的基元技术分为8大类:获取技术、加工技术、组装技术、调控技术、输运技术、交流技术、设计技术、转换技术。

② 基本技术:其对象是自然物质与物质系统、人工物质与物质系统、能量系统、生命系统、个人、个人思维、信息系统、社会系统。

③ 复合技术:则是基元技术和基本技术经过分化、组合、交叉及整合而成,大部分实用技术均为复合技术,如医疗技术、教育技术等。

袁向东

5. 技术的整合

5.1 技术整合在技术系统研究中的作用和地位

5.1.1 技术整合概念的提出。

如本书第三章所论，我们在探讨技术系统的演化时，借鉴了广义进化论中有关变异和选择的进化机理和美国文化人类学家怀特在《文化的科学：人和文明的研究》中属于人类学意义上的文化系统的观点。这对分析技术系统的演化提供了一种类比，并为探究技术系统与其外环境的相互关系提供多角度的启示。不过，我们也注意到在与生物进化的类比中有两个困难之处，即在技术系统内界定相应于生物系统中“基因”的类比物十分困难，以及技术变异中非完全随机设计的普遍存在。另一方面，由于我们将技术定义为属于知识范畴的事物，这跟怀特在文化系统分类中的技术(子)系统也是有区别的，他的技术(子)系统的内涵包括物质、机械、物理(过程)、化学(过程)诸手段，连同运用它们的技能共同构成。所以，当我们将技术系统作为一种知识系统来探究时，我们会遇到一些完全不属于广义进化论和怀特的文化系统观的概念，所谓的“技术整合”就是其中之一。我们注意到，在现实世界中，作为某种特殊知识[记为：

输入(input)＋确定的、可行的程序(procedure)＋输出(output)

简记为 I＋P＋O]的单个的技术(或称技术单元，记作 T_u)是静态的，正像存放在专利局的一项项技术专利。为了探讨它们之间的相互作用，需要一个让它们活动起来的舞台，含有技术的各种人工制品(包括其设计、制造、销售、使用、改进，换代和弃用等过程)无疑就是这样的舞台，各式各样的技术能够在这个舞台上得到显示(或者说“表现”)和互动，并作用于环境又从环境得到反馈。因此我们需要仔细地引入技术整合的概念。

5.1.2 技术整合的定义

我们这样给出技术整合的描述性定义：技术整合是指若干项技术在某种标识下同时被蕴涵于一种(技术)载体之中。换言之，当若干项技术在某种标识下同时被蕴涵于一种载体中并发生相互作用时，我们就说，这些项技术实现了整合。这里

的载体一般是指实在的(即物质的)人工制品或人们的实践活动或掌握技术知识的人,而非仅仅是知识;这里的标识是指赋予载体的名称,载体及其名称显然具有某种同一性,一个标识代表一类人工产品。我们也称上述技术载体为技术整合体(或简称整合体)。所有的技术整合体构成跟技术系统相对应的技术载体系统,后者简称技载系统。关于人工制品的内涵,我们需要作广义的理解,它不仅可指工业产品、农业产品、第三产业中的产品,同时也包括人类各种实践活动及技术人员。下面我们各举一例来说明。

工业产品方面,以内燃机为动力、能在普通道路上以较高速度行驶的运载工具是一类载体,其标识是某类汽车,它蕴涵了成百上千项技术,如内燃机技术、传动与转向技术、特种钢炼制技术、模压技术、制动的防抱死技术、电子控制技术、安全气囊技术、照明技术等,这些都属于自然技术的范畴;同时这类载体也蕴涵了社会技术,如生产这类汽车的公司所特有的管理技术(成本核算、生产流程管理、质量管理等),对公司员工的教育培训技术等;当然它还蕴涵了思维技术,如设计人员在部件和整车设计时使用的逻辑推理技术,以及各种数字技术等。这是技术整合的一个典型例子。应该指出,我们必须看到汽车这一人工制品还蕴涵了其他非技术的因素,如生产过程中除了已经被技术化的组织管理技术之外,还有非技术化的组织管理工作等。

农业产品方面可举转基因大豆为例,其中蕴涵了转基因技术,还可能含有自动喷灌技术、烘干技术、豆与荚的分离技术等。第三产业方面,可以举旅游业中的产品为例,像北京到新马泰的七日游,由于其中涉及到交通工具、线路安排、成本核算、人身保险等等方面,因而蕴涵了相应的自然技术(如与交通工具有关的技术)、社会技术(如组织技术、交易技术等)和思维技术(如数字技术等)。人类实践活动方面,例如规范化的各种选举活动及结果,可以看成人类实践活动中的政治产品。技术人员所指的范围应比我们通常理解的范围更广,除像土木建筑工程师、电子工程师等各类技术人员以外,所有参与构想、设计、传播技术知识的人都包括在内。有一类技术载体要特别提一下,即保存技术资料的书籍和音像制品。我们可以把它们定义为文化产品。从上面引述的这些例子可知:我们在讨论技术在载体上的整合时,不应只看到某个技术子系统(自然技术子系统,或社会技术子系统,或思维技术子系统)内的不同技术的整合,还应关注技术系统中属于不同子系统的技术间的整合。

这里我们需要对采用"整合"一词做些解释。对于某个技术整合体所蕴涵的所有技术单元 $T_u^i(i=1,2,...,n)$,我们强调它们各自的 I+P+O 在载体中的相互作用、相互制约和相互渗透,而不单单是它们简单的组合。一部医用的 CT 机,蕴涵了精密机械制造技术、电控技术、X 射线发生技术、计算机技术、显像技术等等,它们各自又含有更多的基本技术单元,它们之间的相互作用错综复杂,最终实现对人体某部分的断层扫描和显像。我们可以说,上述各项技术在 CT 机中实现了整合。

我们也可以说，它们经过整合产生了一项比原来的技术都复杂的新技术：计算机断层扫描与成像技术。这在技术整合过程中是较普遍的现象。在现实中，若干人工制品可能结合成具有不同于原有制品功能的新的人工制品，此时我们说原有制品中的技术实现了更高一个层次的整合。依次类推，我们可以得到各种层次的技术整合体。

5.1.3 技术整合是技术系统存在的基本前提

按照现代系统论研究的开创者贝塔朗菲的定义，系统是“相互作用的多元素的复合体”。从逻辑上说，一个对象集能成为系统，它必须包括至少两个可以区分的对象——这对由丰富多彩的技术组成的集合是具备的；同时，对象集的任一元素必须与该对象集中的其他元素相关，即系统中“不存在与(系统中)其他元素无关的孤立元素”——这对属于知识范畴的技术而言如何来理解它们之间的相关性呢？此时我们需要在技术整合这个舞台上来考察。在近代，这个舞台变得十分广阔。由于工业化带来的人工制品的种类和数量的激增，其中蕴涵的技术单元不仅种类和数量剧增，而且呈现错综复杂的相互作用，许多看似没有什么关系的技术单元也发生了联系。比如随着技术的发展，母牛催奶技术和造纸技术就有相关性：我们考察蕴涵母牛催奶技术的奶产品，它们在出售时，过去常用玻璃容器，现代则经常使用纸盒包装。因此可以说母牛催奶技术和造纸技术相关。我们认为，技术整合乃是技术相关性的基本前提，因而也是技术系统存在的必要前提。因此，我们在讨论技术系统时，由于引进了技术整合的概念，任何一项技术必然跟不同于它的另一项技术存在相关性这一命题几乎可以认为是一条公理。我们之所以说“几乎”，是因为无论从现实还是逻辑上讲，我们并不能完全排除未被蕴涵于任何载体中的技术的存在。我们可以把尚未被蕴涵在任何一个载体中的技术称为潜技术，而把已被蕴涵在某一个载体中的技术称为显技术。严格地说，技术系统中的元素应都是显技术。因此，我们可以作如下的划分：所有的技术形成一个技术圈，其中的显技术组成我们讨论的中心内容——技术系统，其中的潜技术成为技术系统的外环境的一部分，是外环境中跟技术系统关系最密切的一部分，在一定的条件下可直接成为显技术。

5.1.4 技术整合为技术系统提供了演化的舞台

技术系统的演化是十分复杂的过程，本书主要对其进行宏观的分析。本章则对其演化的舞台加以探讨。如前所述，我们将技术系统分为三个子系统：自然技术(子)系统，社会技术(子)系统和思维技术(子)系统。它们各自由众多相应的技术组成。这些技术的变异和新技术的产生，以及环境对它们的选择，是整个技术系统演化的基础。其中技术的变异和新技术的产生，跟蕴涵它们的技术载体所受到的经济的和社会的需求的刺激，跟该载体的协调性指标(定义见后)，跟自然的、文化

的环境，跟科学的发现等有关。我们需要特别注意：技术进化过程中的选择作用，并不是直接作用在作为知识的技术本身之上的，而是直接作用在蕴涵技术的载体之上的。文化环境和自然环境首先是对人工制品、制造人工制品的企业、设计制品的人员进行选择，从而间接地对技术做出选择。这一观点被一些技术史研究者所提倡。如乔尔·莫克尔(Joel Mokyr)在谈到技术进化时指出："进化的'实体'——技术——是一种程序或规程(这跟我们对技术的定义很相像——本书作者注)，技术史中的主要成员——人类、人类组织和人工制品——各自扮演着有些不同的角色。他们是将各个实体从一个'时期'承载到另一个'时期'的载体。但是，对于选择所操纵的单元是基因还是表型生物，是信息还是承载它的载体，进化生物学家颇有争议。在技术史中，选择所操纵的实际单元是人工制品、人或企业，而不是这样的技术本身。"(参见《技术创新进化论》p. 69)例如，在飞机的发展史上，出现过用于飞机起落架设计的多项技术，它们基本上对应于两类起落架：固定式的和回收式的。20 世纪 30 年代《简氏世界飞机》年鉴中的照片展示了长裤式固定起落架，不同形式的可回收起落架，各种各样带轮裤的固定起落架。随着飞机速度的提高，减少气动阻力成为选择起落架的主要因素。到 20 世纪 40 年代，高速飞机全都使用了可回收的起落架，与此相应的技术得以遗传、变异和不断进化〔参见《技术创新进化论》pp. 199～204〕。制造固定起落架的生产线大都被撤销，相应的设计人员改行，于是对应于固定起落架的大部分技术被弃用，成为潜技术。这里再一次强调我们在"技术整合的定义"那一节里的观点：技术系统对应着一个技术载体系统，后者由蕴涵技术单元的所有技术整合体组成。技术系统的演化是在技术载体系统这个舞台上表现的。

5.2 技术整合的发生机制

5.2.1 技术三要素的标志特性及技术的底层信息

在我们的技术定义中，一项技术由三个要素构成：输入、确定的、可行的操作程序和输出。一般而论，"输入"主要反映该项技术所使用的资源，是该技术酌资源标记；"确定的、可行的操作程序"主要反映了该项技术运行的规则和过程，这是技术三要素中最活跃、易变异的部分，是该技术的规则标记；"输出"主要反映了该技术所对应的产出物。应该指出，输出所对应的产出物实际上分为两个部分：一是跟该项技术的直接目标相关的目的物，以能实现某种(人们需要的)功能为特点；二是跟该项技术的目标无关的非目的物。例如内燃机技术的输出物，目的物是能成为带动各种机械运动的活塞的往复运动，而非目的物是燃料不完全燃烧或燃烧不充分所形成的一氧化碳和某些碳氢化合物，以及内燃机内高压、高温下形成的氮氧化物，还有由碳黑、焦油及重金属组成的颗粒物。这些非目的物即是我们通常所说的

内燃机运转时排出的废气。在技术的整合中,输出中的目的物是实现相应载体功能的主要部分,而输出中的非目的物往往成为相应载体与环境相互作用时不可忽略的不利因素。因此,每项技术中的输出是该技术参与整合的最突出的部分,我们不妨称之为该技术的功能标记。

在讨论进化问题时,把单个的技术(即技术单元)作为最基本的要素是否很理想很恰当呢?即把它们和生物进化中的基因类比是否合适呢?这是个难解决的问题。约翰·齐曼(John Ziman)在将技术进化和生物学类比时指出:"不存在严格意义上的生物分子基因(gene)的技术对应物。为了维持全面的类似,我们常常方便地采用縻母(memes)这一术语来讨论技术系统,那是一个历时持久、自我复制并塑造实际人工制品的基本概念。"〔参见《技术创新进化论》p. 6〕按照我们的定义,技术单元虽属知识范畴,但其中的规则标记是易变异的,缺乏持久性,不适合作为縻母。例如,生产人力驱动、前后两轮的交通工具(其标识为自行车)所应用的技术,它在不断的改进,相应的自行车经历了前轮大后轮小到前后轮同样大小的变化,所使用的材料和工艺也时有改进。但是我们注意到,在生产各种各样自行车的技术背后有一个持久不变的底层信息(或者说底层知识),即制造人力驱动的两轮运输工具是可行的。所有的自行车都蕴涵有这一底层信息。将这种底层信息看成縻母也许更可取。它是技术系统演化中可以一代一代遗传的要素。应该指出,底层信息可来自实践经验或科学知识或二者的结合。上例中所述的底层信息主要来自于经验。J. 莫克尔(Joel Mokyr)在"技术变化中的进化现象"中指出:"从历史上讲,最晚到 1850 年左右,在其设计者或使用者对其操作原理毫无概念的情况下,大多数技术得到了使用。试错,偶然的运气,甚至完全错误的原理,也可导致行之有效的技术在选择过程中得以生存。"(《技术创新进化论》, p. 61)而在近代科学有了巨大发展的时代,更多的縻母可能来自于科学的定律、理论和知识。

5.2.2 技术单元在"标识"下聚集并实现整合

如前所述,我们所谓的"标识"是对应于某种人工制品的名称。可以假定所有人们所希望得到的人工制品都附有一个名称,一个标识是已存在的或者可能将要存在的一类人工制品的代名词。任何一类人工制品必定相应于某种或某些特定的功能,比如种类繁多的以人力驱动的两轮交通工具,其主要功能在于靠人的双腿的肌肉运动,驱动两轮以较快和较省力的方式行进,它们的代名词即是"自行车"。于是自行车这一标识跟上述功能联系在一起。一般而论,针对某个标识,所有其输出跟该标识所代表的功能有关的技术单元,都有可能聚集到该标志之下待选。就自行车这样比较简单的人工制品而论,有可能聚集到它名下的技术就有齿轮传动技术、刹车技术、减震技术、特种钢的炼钢技术、轧钢技术、防锈技术、电焊技术、橡胶提炼技术、生产管理技术等等。其中的每一项技术都可能包含许多技术单元,例如齿轮传动的方式多种多样,涉及前后齿轮的齿数比、传动链条的长短等。到底那种

方式被选中，除了偶然的因素外，跟其他技术的相互关系起着重要的作用，即它是否能和属于其他技术的技术单元协调在一起，实现自行车的功能。因此，技术单元间的协调性成为实现整合的关键。例如为了省力，前后齿轮数之比最好趋近 1，而为了能提高速度，这个比数越大越好。以人力为动力的条件约束了这个数值，同时还要跟刹车能力，车架强度，减震设备等相匹配，从而实现整合。

5.2.3 整合杠杆及其作用

一般情况下，技术的整合是围绕人工制品的标识发生的。当出现新材料、新理论、新经验、新观念时，它们都可能成为促进新标识产生的推动力，从而促成整合的发生。我们不妨称这些新材料、新理论、新经验、新观念为整合杠杆。如半导体材料的出现，促成了半导体收音机这一标识的产生，于是带动了一系列技术单元在半导体收音机这一标识下的重新整合。曾经一统天下的电子管收音机被性能更好、体积更小的半导体收音机所取代。在这一过程中，收音机中相应于电子管滤波的技术单元让位于相应于晶体管滤波的技术单元。当信息的数字传输理论出现后，便开始了新一轮的技术整合，原来在电话、电视、各种录音录像设备、各种音像传输设备中蕴涵的模拟技术，被数字技术所替代。在近现代科学突飞猛进的时代，每一种新的材料的出现，每一项新的科学理论的诞生，几乎都成为新的技术整合发生的有力杠杆。

新经验也是促成技术整合的重要因素。自工业革命以来，大量技术的应用不断满足着人们在物质方面的需求。有很长一段时期，人们并没有认识到非目的输出物对人类赖以生存的自然环境的不良影响。随着时间的推移，这种不良影响朝着可能引发灾难的方向发展。到 20 世纪七八十年代，频降的酸雨、臭氧层的空洞以及温室效应引起的气候变化，恶化了全球的环境，种种经验警示着环境保护的紧迫性，从而使环保产品的目录单日益加长。环保产品所蕴涵的技术，现在常被贯名为环保技术，诸如环境监测技术、环境污染控制技术、工业污染防治技术等等。新观念在推动技术整合中的作用也不容忽视。以能源的开发利用为例。20 世纪 70 年代以来，世界能源结构开始由以煤、石油、天然气为主逐渐向以可再生能源为主的方向发展。这是人们深刻认识到不可再生能源经大规模开采已渐趋枯竭，必须开发利用可再生能源和非常规能源这一新的能源观所使然。在核电站、潮汐发电站、太阳能电池、地热发电站这些标识下，各自聚集了一大批能源技术和其他技术的整合体。

这里，我们需要指出整合杠杆的出现，不一定会立即引发新标识的产生，继而导致新技术、新的技术整合的发生。也就是说，整合杠杆不一定能在技术整合体中表达。尤其对新的科学发现是如此。我们知道，科学发现有比较大的随机性，新的科学理论的发生可以认为是科学进化中的突变现象。J. 莫克尔在讨论技术经济史所关注的进化问题时指出："经过高度随机的突变过程和选择性保留，知识的新项

(Ω 中的变化)得以引入。这种突变可能或者不能在表型中得以表达,也就是说被映射到 λ,的确,大多数不能。如果它们没有被表达出来,则仍然保留在 Ω 中,在随后的时间里它们可以被'激活'(也就是被表达),从而作为适应如互补性知识的涌现等变化环境的一部分。"(《技术创新进化论》p. 62)。莫克尔用符号 Ω 表示"有用知识集合",λ 则表示"可行技术集合",显然 Ω≥λ 他在这里主要想表达的意思是生物学范式在解释如技术之类文化现象方面的局限性,但就科学知识不一定在技术、从而不一定在蕴涵技术的整合体中被表达这一点而言跟我们是一致的。

5.2.4 整合的特性指标

技术整合体的性状特征,很难被唯一地分解成其所蕴涵的技术单元的底层信息——持久不变的技术縻母。正如约翰·齐曼所述:"一个人工制品的性状特征不能被唯一地分解成持久不变的、明确定义的设计要素。例如,所有的自行车都有车轮,但这些车轮无论在设计上还是在构造方面都是各式各样的,因而认为它们是存在于一个个车型中的'车轮縻母'的表现并不是很有用。"(《技术创新进化论》p. 6)为了刻画技术载体系统中各种技术整合体的特性,从而提供一些对它们进行比较的指标,我们初步提炼出技术整合体的如下三种特性指标:多血统指标、协调性指标和环境超适应指标。

跟生物进化的情形不同,来自远缘世系的技术单元经常发生整合。"多血统是通则。没有任何生物有机体能像(譬如)计算机芯片那样,结合了来自化学、物理学、数学和工程学等众多不同领域中的基本思想、技术和材料。"(《技术创新进化论》p. 7)根据我们对技术的分类方法,每一种分类法下的不同类别的技术单元都可以看成具有不同的血统。于是,对任何一个技术整合体,我们可以对其中蕴涵的技术单元按我们的分类法进行分类。假设技术整合体 T 蕴涵有 n 个技术单元,记作 $T_1, T_2, \cdots, T_n$,它们在分类法 A 中分别属于 m 个子类,即分别属于 $A_1, A_2, \cdots, A_m$,我们便称 T 在分类法 A 下的多血统特性指标为 m。于是,我们可以在指定的分类法下比较不同技术整合体的多血统指标,以帮助认识它们技术含量的多寡。

对于一个技术整合体而言,其蕴涵的各技术单元的协调程度如何,直接影响该整合体的生存能力和效率。我们举两个例子。在蒸汽火车出现之初,蒸汽发动机的强大动力和原始的刹车系统非常不协调。那时使用的刹车系统是这样的:在每节车厢安装类似于牛车使用的杠杆式的人力刹车装置,对飞速转动的轮子的制动力不大。当司机需要停车时,一面制动机车,一面向每节车厢上的刹车员发出停车信号,刹车员们看到信号后便用力拉动刹车杆。由于刹车员的反应能力不一,用力程度参差不齐,刹车效率极低,大大影响了火车的行进速度。这是典型的不协调的例证。不出现有效的刹车技术,火车这种高速轨道交通工具很可能无法生存。同样地,早期的电子计算机(如 ENIAC——Electronic Numerical Integrator and Compeer)由于使用了电子元件,实现了初等运算的高速运行,但指挥其运行的程

序却是“外插型”的，需要用外接线路的方式来实现。为了进行几分钟或个把小时的数字计算，准备外接程序的工作要用几小时甚至一两天时间。这在某种程度上抵消了电子元件的优越性，从而无法实现真正的高速计算。上述的不协调性都成为新技术、新整合发生的动力。火车的刹车装置发展成由司机控制的气动刹车装置。而计算机的发展史告诉我们，正是将“程序”像“数据”一样内存于计算机内这一新观念，促成了“程序内存式计算机”标识的出现，从而诞生了现代高速电子计算机。如何将不协调性给予数量化的刻画很困难，因为一个整合体内往往蕴涵许多技术单元，它们之间错综的制约关系十分复杂；我们大致可以从其中的技术单元的目的输出物受限制的程度来判断不协调的程度。这方面的问题值得进一步深入探讨。

环境超适应指标直接反应了技术整合体在其生存环境中的生存能力。适者生存是生物进化的一条基本原理。技术整合体的进化在大部分情况下也遵循它。我们知道具有最先进技术的全球铱星通讯系统，因通讯费用昂贵、用户少，不适应社会经济环境而暂时停止运行；其中蕴涵的一些技术成了潜技术。我们这里提出“环境超适应指标”是借鉴了生物进化中所谓的超适应现象（如鸟类飞行用的羽毛最初仅用来保暖）。J. 莫克尔在“技术变化中的进化现象”中说：“最初因为某种性状而被选择的一项技术，却因它恰好拥有的另一种性状而获得其后来的成功和生存。……当代许多最为重大的发明，其最初选择时的目的，与最终证明是其最持久的性状截然不同。例如，留声机最初是由爱迪生作为口述录音机而发明的……阿斯匹林被引入时，它扮演了一个口袋的角色：能同时退烧、缓解疼痛。后来又发现它还能预防心脏病。”（《技术创新进化论》p. 64）这说的就是技术整合体的超适应现象，只不过他没有对技术和技术整合体加以区别，而把它们统称为技术。按我们的观点，技术只有进入整合体后才能表现出它的适应环境的能力，环境直接检验的是技术载体的适应能力。显然，一个技术整合体能适应环境提出的要求越多，其在环境中的生存能力越强。它的环境超适应指标的值跟它能适应的环境要求的多少成正比。

应该指出，由技术整合体的超适应现象很自然地会使我们联想到技术本身的超适应性问题。我们知道，一项技术很可能在多种不同种类的载体中得到应用。比如扇叶制造技术，它不仅蕴涵于日常使用的电风扇，电子计算机主机内的微型风扇，还存在于轮船和飞机的螺旋桨中。所以技术的超适应指标的值跟蕴涵它的技术整合体的种类数成正比。

技术整合体的上述特性指标跟技术载体系统的演化都有密切的关系。

5.3 刺激-反应机制

5.3.1 技载系统是复杂适应系统

美国著名学者约翰·霍兰在《隐秩序》一书中，对所谓的复杂适应系统的性质做了分析。刺激-反应机制是霍兰描述复杂适应系统演化的主要理论之一。1969年诺贝尔物理奖得主盖尔曼在评论该书时说："他清晰而风趣地解释了复杂适应系统的重要性质。沿此道路，他为经济学、生态学、生物演化和思维研究都提供了非常宝贵的洞见。"（参见《隐秩序》封面内页）。

盖尔曼在这里提到了霍兰的复杂适应系统的理论可用于解释生物演化现象。本书常将技术演化跟生物演化做类比，自然想到技术载体系统是否是一种霍兰所谓的复杂适应系统。实际上，《隐秩序》中并没有给复杂适应系统下严格的定义。他举出若干例证，比如：大城市作为一种系统能够在灾害不断和缺乏中央规划的情况下保持协调运行，人体免疫系统在适应环境时不断完善其特性而在某些情况下又变得极为脆弱，哺乳动物的中枢神经系统中神经元的相互协调作用能对外界刺激作出准确反应等，并指出这些系统具有的共同特点：它们都是由大量有主动性的元素（他借用经济学中的词 agent 表示这种主动性元素，国内学者将它译为"主体"）组成。这些系统在形式上、性质上各不相同，而其整体行为都不是其各部分行为的简单相加之和。霍兰进而指出，主体的行为可看成是由一组规则决定的，这规则就是刺激-反应规则。他说，"刺激-反应规则非常典型而且通俗易懂。IF（若）刺激 s 发生，THEN（则）[主体]作出反应 r。IF 市场行情下跌，THEN 抛售股票。IF 车胎撒气，THEN 拿出千斤顶。"应该注意，霍兰自称他的意图不是要在真实主体中明确地找出其具体规则，而只是给出描述主体行为的一种方便的途径。

霍兰的这一套理论似乎可移植用来分析我们的技术载体系统。唯一需要注意的是，技载系统中的主体是技术载体，如何来看待它们的主动行为能力呢？上文我们曾提到人是技术载体之一，其主动性无庸质疑。可是像汽车这种技术载体的主动性在哪里？汽车一经问世，它的展示、销售、使用、维修、以至更新换代，便都和作为技术载体之一的人结合在一起，成为一种综合技术载体。这时它便具有了主动性。因此，技载系统中的主体都应是如上所述的综合技术载体。以下的讨论中，凡提到主体时都是指综合技术载体。

5.3.2 对技载系统中主体的刺激

在探讨技载系统的演化时，我们需要关注的是主体所受刺激的种类和可能作出反应的范围。本节先讨论刺激的种类。

（1）首先，刺激来自主体外部的不断变化着的需求。

这里所说的需求是政治、经济、社会、科学、文化和军事诸方面的综合因素构成的对主体的刺激。乔治·巴萨拉(George Basalla)在《技术发展简史》中引述了19世纪英国纺织业界使用的非自动精纺机所受到的经济和社会因素的刺激:"非自动精纺机需要由技术娴熟、报酬很高的称做纺织工的人来伺候。……他们是工厂运行的绝对核心,……要求半管理性的权力,制定工作条件、获得加薪的待遇。"纺织厂老板对此极为不满,想要发明家造出一种自动的精纺机。在这一标识下,不久就出现了蕴涵新技术的人造物:自动走锭精纺机。"它的存在削弱了纺织工的独立地位,压低了他们的工资,限制了他们动不动就罢工的倾向。"这里,刺激涉及非自动精纺机效率低,投入多(包括给纺织工的高工资)等经济因素,也涉及劳资关系等社会因素。巴萨拉还分析了19世纪另一项纺织业的技术创新,即给印花工艺带来革命的滚筒印刷机。原来的工艺"靠印花工人用刻有阴文的木模版在布料上印图案,效率极低:印一匹28码长的布要用手工操作蘸墨印模448次。19世纪后期,组成严谨行会的印花工人又发动了一系列罢工。"这些经济和社会因素促成了机械印花技术的诞生,其相应的人工制品就是滚筒印刷机。上述两例中,刺激还包括市场需求,劳动力匮乏等经济和社会因素。军事的需求也一直是技术演化的强大推动力。巴萨拉指出:20世纪的"许多最激动人心的新技术都有军事背景的烙印。它们包括喷气式飞机、飞船、雷达、计算机、数控机床、微电子产品。(参见《技术发展简史》p. 121～130,p. 183)。

(2) 第二类刺激来自主体的自身。

即其所蕴涵各项技术的不完全协调性所引发的刺激。上文提到的早期火车的强大动力和软弱的刹车的矛盾,最初的计算机的高速数字运算能力和笨拙的程序输入方法的矛盾,都是典型的不完全性的表现。实际上,当某一标识下的人工制品一旦产生,这一主体内部的不完全协调性将长期存在,成为不断刺激该类主体革新演化以至逼近完全协调性的动力之一。

(3) 第三类刺激来自环境,包括自然环境和经济、人文环境等,它经常出现在人工制品传播的过程中。

乔治·巴萨拉曾分析了斧头、轮船和火车的机车在由发明地向其他地区传播的过程中,由于自然背景——森林、河流和地势等——导致对原人造物的改造。现代的很多人工产品经历着同样的过程。汽车、电话、家用电器……每种东西在介绍给不同的国家时,都随着变化了的环境和使用方式不同而作相应的改变。……汽车被改造得与各国的驾驶习惯、道路状况、燃料成本、安全规则和地形相适应。(参见《技术发展简史》p. 99～100)。

(4) 第四类刺激直接与科学发现及技术梦想有关。

上面在讨论整合杠杆时,提到了科学发现对刺激人工制品演化的重要作用。这里说一下技术梦想在刺激人工制品演化方面的作用。按乔治·巴萨拉的定义,技术梦想指技术人员出自想像力构想出的机器、技术建议和技术假象。他以文艺

复兴以来机械类的技术梦想著作为例,“在1400～1600年间,大量附有精心绘制插图的此类著作在德国、法国和意大利出版。……这些机械学著作中描绘过的某些新机器装置后来被融合进了实用机器中,另有一些仍未被使用。”(参见《技术发展简史》p.73～75)。实际上,技术梦想为技载系统中的已有主体的演化和新主体产生能够提供激励素材。

(5) 第五类刺激由技术整合体的功能缺陷所致。

早期的自行车无刹车系统是明显的功能缺陷。再如,原来的汽车刹车装置易发生抱死现象,行驶中的汽车一旦出现这种情况,就可能造成交通事故;这一缺陷刺激了所谓的ABS系统的诞生,它具有防抱死功能。汽车安全气囊的发明,也是由于汽车在发生事故时缺少保护驾乘人员安全功能的缘故。

(6) 第六类刺激是由技术的非目的输出物造成的。

这些非目的输出物在技载系统的主体上的体现往往表现为各种副产品、废料、废气。如汽车的尾气,核电站的核废料,冶炼厂的废渣废气,等等。其中有的可再利用,有的不仅不能再利用,还成为危害自然从而危及人类安全的污染物。20世纪下半叶,由此引发的环境问题已成为推动技术改造(技术变异),产生新技术的重要刺激因素,上文提到的环保技术就是例证。

5.3.3 技载系统中主体在刺激下的反应

上述各类刺激往往是综合地对主体发生作用的。受作用的主体的反应则是各式各样的。我们在这里仅就几类明显的反应略加描述。

A. 主体中所含一项或多项技术发生变异,呈现出技术进化的多样性和延续性

仍以自行车为例,最早的自行车是一种玩物,轮子很高,是中产阶级男子运动休闲的工具。因骑车人离地面高又没有刹车装置,所以较难控制而易出危险。当人们认识到它可以作为男人和女人的省力和方便的个人交通工具时,车子的高度降低,附加了刹车设备。为有助于在有两轮马车车辙的道路上骑行(灰尘极大,因而极易损坏齿轮传动所使用的金属),那时的自行车是前轮大后轮小的式样,“齿轮的有效传动通过大轮子暗中实现,这需要非常不同的技能和维护活动。”“随着相对平滑和干净的碎石路面的出现,自行车的式样逐渐发展成现代标准的形式。”(参见《技术创新进化论》p.287,326),不断变化的需求刺激,又促成了具有各种功能和形式的自行车:场地赛车、越野车、变速车、各种大小轮子的轻便车、杂技用车,等等。再后,小型动力装置的出现,又刺激产生了自行车的变种:各种助力车(靠人力和其他动力相配合来驱动的自行车)。

B. 主体发生形状和功能的巨大变化,也可称为突变

如,对速度和承载量的需求,使自行车融合进了汽油发动机技术,而且汽油发

动机成为唯一的动力，其功能和形状相对于原来的自行车都发生了质的提升。我们注意到，在现代，现存主体和某特定科学知识的融合，常常是突变发生的必要条件。如里卡德·斯坦凯维奇(Rikard Stankiewicz)所说："现代技术发展的一个重要特征，就是将既有技术与某个特定的科学领域相融合。……今天的生物技术就是两大融合的产物：(1) 化学工程与微生物学的融合，(2) "老式"生物技术与生物化学及分子生物学的融合。"(参见《技术创新进化论》p. 267～268)。

C. 现存主体退出技载系统

蕴涵先进技术的协和式超音速客机，由于飞行成本高，噪音扰民，加之所含技术的协调性不完全又导致故障不断，终于在使用若干年后退出了民航业。其中蕴涵的某些技术从显式转为潜式。

5.3.4 选择在刺激-反应过程中的作用

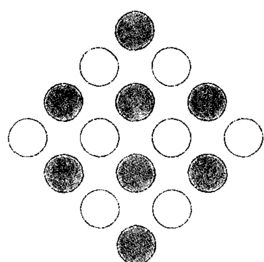
上述两节分别探讨了刺激和反应的一些类别。实际上，两者之间还有一个重要环节：选择。技载系统中的主体对刺激的反应存在多种可能性，可能性要通过选择才有可能成为现实。我们举一个铁路技术演化过程中的例子。1830 年，第一条适合蒸汽动力列车运行的铁路投入使用。随着路轨、机车和车辆制造技术的稳步演化，铁路建设也以缓慢、均匀的速度发展。但运行在铁路线上的列车有巨大的噪声和严重的污染，以及煤炭的大量消耗，这些社会及经济因素成为对它的一种刺激。到 19 世纪 40 年代中期，由于资本主义经济的发展，大量物质和人员快速流动的需求又成为一种更强的刺激因素。于是在英国和欧洲大陆掀起了铁路建设热潮。在拟建 2800 英里铁路计划的刺激下，稍早出现的、与传统铁路技术不同的气动铁路技术被一些技术人员和铁路公司看好，得到了快速发展。这里需要对气动铁路技术略作解释。"气动铁路无须牵引机车来拉动各列火车。相反，在气动铁路线的铁轨之间，增加了铸铁制成的圆柱形管道，其直径在 15 英寸左右，管道延伸于整条铁路线上。"安装在列车引导车的行走装置上的一种特殊的活塞，紧贴圆柱形管道。汽缸则安置在铁轨所在的平面上。"在铁路线上，每隔 2 到 3 英里安装一部蒸汽驱动的气泵，用来抽空汽缸中的空气。促使活塞和与之相连的列车向压力低的方向移动。我们可以这样认为：在各种刺激的作用下，相应于传统的铁路的技术分杈出一个变异品种，即气动铁路技术，其载体即是气动铁路线。此时出现了两种技术载体的竞争局面。气动铁路线有其优点：一是"为那些经受了早期蒸汽机车的喧闹和烟尘之害的乘客提供了清洁安静而快速的交通。其次，它将其蒸汽引擎及附带的燃料牢固地置于地面。蒸汽牵引方式浪费能源，因为笨重的机车及其专用煤和水必须沿铁路线不断地供给。……而它只要间隔性地用蒸汽驱动的气泵，在火车到达的前 5 分钟左右启动它们，在别的时间不需要排空气，这就大大节省了燃料。"

当时建成了4条气动铁路线，总长30英里。但是，气动铁路的缺点是一目了然的：司机控制列车的能力下降；置于路基上的动力系统很难与每小时行驶50～60英里的列车协调工作，因此设备极易损坏，燃料消耗比设想的要增加许多；一连串气泵中只要有一个坏了，整条铁路就得停运；……。环境很快对它们做出了选择：气动铁路线淘汰，气动铁路技术从显技术变成了潜技术。（详细论述参见《技术发展简史》p. 192～196）。

我们还需要指出，选择不仅发生在技载系统的主体身上，也可能发生在潜技术和技术的整合过程之中。20世纪50～70年代，在美国围绕是否发展超音速客机的问题展开的辩论，充分反映了对技术的选择是个十分复杂的过程，乔治·巴萨拉在《技术发展简史》中用整整一节讨论这一例证。我们在此作一简单的剖析。自1903年飞机作处女航以来，飞机演化的一个方面是速度在稳步提高。二次大战期间，美国建立了政府补贴高速新型飞机开发的机制。战后由于苏联和美国的冷战对峙，又延续了政府与飞机制造商的密切合作。国家利益和政府行为成为选择的重要依据。20世纪50年代，波音、道格拉斯和洛克希德飞机公司开始对超音速运输（简记为SST）作可行性研究。美国政府作出选择，决定由联邦航天局承担SST的开发责任。当时联邦航天局设想的是具有3马赫飞行速度的钛合金不锈钢飞机——飞机运输领域的技术领先者。1962年英、法两国政府宣布联合开发研制2.2马赫的协和式飞机，这使美国政府更加不敢轻视SST。国与国之间的竞争也成为对美国SST研究工作的刺激。1963年泛美航空公司订购了6架协和式运输机，这一市场经济行为又推动美国政府和国会同意负担开发SST的大部分研制费用：在所需的10亿美元中，政府负担75%，各私营开发公司负担25%。联邦航天局很快公布了SST发动机和飞机机体结构的标书细节，并预计这种飞机将于1970年开始商业飞行。应该说美国对SST的选择似乎已成定局，但事实并非如此。国家利益、经济可持续发展、环境保护、生活质量等诸多因素开始介入这一选择过程。总统咨询委员会认为SST在商业方面是否明智值得怀疑：经济学家没有把握说乘客一定会选择超音速飞机，因为乘坐即将出现的大型喷气式客机更便宜：公众则更关心超音速飞行产生的声爆将使人无法忍受。SST面临着夭折的危险。1968年12月和1969年3月，苏联的图-144超音速客机和英、法联合研制的协和式飞机相继进行了处女航。国外来的刺激再次成为美国SST得以生存的强心剂。1968～1971年间，争论趋于白热化，其中组织严密的公众利益集团是反对SST的中坚力量。这一选择过程最终在1971年5月以国会投票的方式结束：取消所有对超音速客机开发的投资。这20年在美国展开的对一种新技术产品的选择，确实对我们理解选择的复杂性有很好的启示作用，选择绝非只是单一的经济因素或政治因素或别的因素的孤立作用所致，而是多因素综合作用的结果。顺便指出，上面提到运行多年的协和式超音速客机最终也退出了历史舞台，究其原因，实际上跟美国社会拒绝SST的理由大同小异。技术演化虽然在不同地点，不同时间可能有不同的表

现,但只要有相同的刺激存在,演化的最终结果应该是一样的。这就是技载系统演化中的趋同现象。

通过以上讨论,我们对技载系统演化的动力和机制做了粗线条的描述,由此又可以引伸到对技术系统演化的动力和机制的了解。技术系统是跟技载系统相对应的。技术系统中的技术单元跟技载系统中的主体的对应虽然不是一对一的,但确实存在着两个系统间元素的某种完全的对应。对技载系统中主体的刺激必然引发对技术系统中技术单元的刺激。技载系统中主体的反应则是经由技术单元的变异或突变实现的。这也是我们引入和讨论技术整合的意义所在。



中篇 分 论

李伯聪

6. 自然技术

在整个技术系统中，自然技术是一个十分重要的和包含范围很广的类型。虽然本书对技术的含义作了“广义”的理解，认为技术的范围既包括自然技术，又包括社会技术和思维技术，但我们注意到在学术界还是存在着另外一种对技术的“狭义”的理解的。例如，《辞海》对技术的解释是“泛指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种工艺操作方法和技能”。还有一个解释是“除操作技能外，广义地讲，还包括相应的生产工具和其他物质设备，以及生产的工艺过程或作业程序、方法。”《自然辩证法百科全书》把技术解释为：“人类为了满足社会需要而依靠自然规律和自然界的物质、能量和信息，来创造、控制、应用和改进人工自然系统的手段和方法。”[①]尽管以上解释中还出现了“广义地讲”这四个字，但以上显然都是对技术定义和范围的“狭义”的理解。可以看出，所谓对技术的狭义的理解实际上也就是把技术的范围限定在自然技术的范围内的一种理解和解释。陈昌曙在《技术哲学引论》[②]一书中也是以对技术的“狭义”的理解为基础而立论和进行分析的。

本书不采用对技术的“狭义”的理解决不意味着我们低估了自然技术的地位和重要性。在整个技术系统中，自然技术具有特殊的重要性。

---

① 《自然辩证法百科全书》编委会，自然辩证法百科全书，中国大百科全书出版社，1995 年，第 214 页。

② 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999 年。

控制论的创始人维纳认为，物质、能量和信息是构成世界的三大要素，据此我们可以把自然技术划分为物质技术、能量技术和信息技术三大类。

应该指出，在实际的技术活动和技术实践中，这三类技术是密不可分的，从严格的意义上说，“纯粹的”、没有其他类型的技术渗透在其中的、孤立的物质技术、能量技术和信息技术是不存在的；可是，为了分析和论述的方便，并且因为同时还有理论和实践的理由，我们还是把自然技术分为物质技术、能量技术和信息技术，并且把分析和考察的重点放在物质技术上面。

6.1 能量技术

能量技术是指能量释放、转化、传输和节约的技术。工业中的动力技术、电力技术、某些电气技术、能源技术、节能技术等都属于能量技术的范围。

在人类历史上，火的利用是最伟大的技术发明之一，它对人类文明的进步曾经起了非常重要的作用。在近现代历史上，蒸汽机的发明被看作是第一次技术革命的主要标志，电力技术的发明被看作是第二次技术革命的主要内容，而蒸汽机技术和电力技术都属于能量技术的范围，由此即可看出能量技术的重要地位和作用了。

如果说以上所述是能量技术的重要性的“正面”的表现，那么在现代社会中，曾经使某些国家和某些政治家“谈虎色变”的“能源危机”就是能量技术的重要性的“负面”表现了。应该说，在现时代的许多国家中，“能源短缺”是一个至今也仍然没有“退去”的阴影。

原子能的利用曾经使许多人认为这是一次空前的能量技术的革命，有些人甚至认为由于有了原子能，人类就在“实用”的意义上拥有了一种可以说是“取之不尽，用之不竭”的能源；可是，震惊世界的美国三哩岛核电站事故、前苏联切尔诺贝利核电站事故以及核电废料处理方面所产生的诸多问题，使得那种对于“原子能时代”的过分乐观的观点迅速地成为了过眼云烟。目前，已有愈来愈多的人愈来愈深刻地认识到：要解决现代人类社会所面临的能源短缺和能量技术方面的许多问题，这实在是一个非常艰巨的任务，因为现代人类需要的不但是强有力的能源，而且还必须是“清洁”的能源。

6.2 信息技术

信息技术包括了信息接受技术、信息传输技术、信息加工技术、信息安全技术、信息存贮技术等。许多人都曾听说过的烽火报警方法，可以说就是中国古代的一种信息传输技术。中国古代的四大发明中，造纸术和印刷术也都是属于信息技术的范围。

虽然从技术史的角度来看，信息技术的历史可以追溯到很久远的年代，但从哲学史的角度来看，哲学家却是在比较晚近的年代才把信息当作一个独立的概念和

范畴来进行研究的。申农是信息论的创始人,但他关心和试图解决的主要是信息的度量问题,即关于信息的"量"的问题,而对于信息的"性质"或者说关于信息的"本质",他却不太关心。他要解决的问题是通讯工程中的信息"量"的问题,他说:"通讯的语义方面的问题与工程问题是没有关系的。"[①]虽然在申农之后,曾有许多人研究过关于信息的本性的问题,提出过形形色色的关于信息的定义,但迄今为止,在于什么是信息这个问题上,学者们还没有取得一致的意见。

从哲学的角度来看,一个可供参考的观点是把信息定义为"他在之物"[②],这个定义的优点是从多元关系中定义信息,并且考虑到了信息概念与作为"自在之物"的物质概念之间既相区别又相联系的关系。

从历史的角度来看,信息技术的地位、作用是愈来愈重要的,信息技术的发展呈加速上升的势头。

我们知道,人类历史上的某时代是以技术的特征来"命名"的,例如旧石器时代、新石器时代、青铜时代等。人们会注意到:在人类社会早期所谓旧石器时代、新石器时代和青铜时代等都以材料技术(属于物质技术的范围)作为时代的特征;而在近现代时期,又出现了蒸汽机时代和电力时代。许多人都认为,第一次技术革命以蒸汽机发明为标志,第二次技术革命以电力技术为标志,而蒸汽机技术和电力技术都属于能量技术的范围;目前,尽管对于所谓第三次技术革命或第四次技术革命的标志究竟是什么,还没有一致的看法,但许多人承认人类社会在20世纪下半叶开始进入所谓信息时代了,而在信息时代这个表述中,明白无误地指出了信息技术是现代社会中独领风骚的技术。

计算机的发明不但是信息技术发展史上的一个革命事件,而且无疑地还是整个人类的技术发展史上的一次革命。迄今为止,计算机技术的发展历史向人们表明:计算机技术的潜力几乎是无穷的,人们往往低估了计算机技术的潜能和发展的可能性的空间。

最初,计算机都是"独立的"计算机,或者说是"孤立的"计算机,可是在互联网技术发明之后,计算机"联合"起来了。马克思和恩格斯在《共产党宣言》中,曾发出了一个响彻云霄的呼声:"全世界无产者联合起来!"目前,共产主义和人类大同的理想还没有实现,可是我们欣慰地看到,通过互联网技术,全世界的个人计算机正在迅速地"联合起来";尽管"因特纳雄纳尔"还没有实现,但"因特耐特(Internat 即因特网)"却已经实现了。

在现代社会中,信息技术正以前人所不可思议的速度向前发展,一个又一个的信息技术的奇迹令人瞠目结舌,而尤其需要加以强调的则是,计算机和其他信息技术——例如电信技术和互联网技术等——的发明不但具有重要的经济意义,而且

① 庞元正、李建华编,控制论信息论系统论经典文献选编,求实出版社,1989年,第508页。
② 李伯聪,赋义与释义——多元关系中的信息,哲学研究,1997年,第1期,第20页。

具有重要的社会意义。实际上，也正是由于信息技术不单纯具有“自然的意义”，而且具有重大的“社会意义”，人们才把现代社会称为“信息社会”，把这样的时代称为“信息时代”。

6.3 物质技术

物质技术包括了采掘技术、材料技术和加工制造技术等。

由于加工制造技术是最典型的物质技术，以下我们就着重地对加工制造技术和加工制造过程进行一些简要的理论分析和论述，分析中也顺便地论及了材料技术。

6.3.1 自然资源和原材料

自然资源或原材料是物质加工制造过程的物质起点。我们可以把自然资源和原材料统一地称为质料或原料。在物质加工制造过程中，人通过使用工具或操作机器而对原料(质料)进行一定方式和一定程序的加工，在此过程结束时实现人预定的目的，原料变成了相应的产品。

A. 无限的物质自然界和有限的自然资源

在人类产生之前就存在着物质自然界，在“陈述”那时的自然界时，物质这个概念是不可少的，而资源这个概念却是毫无用武之地的，对于那时的自然界来说谈论什么资源问题是没有意义的。伴随着人类的出现，资源问题也就产生了。

在人类出现之后，以“人类的尺度”为标准，物质自然界发生了“分化”——对人类的生存和发展不可缺少和“有利”的那部分自然界成为了“资源”，而对人类的生存和发展并非不可缺少的部分和甚至是“有害”的部分则成为了“非资源”。

如果我们并不局限于从经济学的角度来解释价值关系和价值含义，而是从一个更广义的角度，从哲学的角度来解释价值关系和价值含义，那么，我们也可以说，自然资源就是全部物质自然界中那个对人类有“正的”价值关系的部分。

古今中外，哲学家在思考整个物质世界即整个宇宙时，他们感慨最深的就是整个物质世界即整个宇宙的无限性；而经济学家在研究和分析经济问题时，其最基本的出发点却是有限性问题，更具体地说就是稀缺问题。

对于古人来说，甚至对于近代经济学家来说，有些自然资源是稀缺的，而另一些自然资源却并不是稀缺的。于是这就产生了亚当·斯密的“钻石与水悖论”的问题。

对于人的生存来说，水的重要性要远大于钻石的重要性，可是，钻石的价值(价格)却又远大于水的价值(价格)。为什么出现这种背反或曰悖论性的问题呢？

亚当·斯密提出，可以用区分价值的两种不同含义——使用价值和交换价

值——来解决这个问题。他说:“使用价值很大的东西,往往具有极小的交换价值,甚或没有;反之,交换价值很大的东西,往往具有极小的使用价值,甚或没有。例如,水的用途最大,但我们不能以水购买任何物品,也不会拿任何物品与其交换。反之,金刚钻虽几乎无使用价值可言,但须有大量其他货物才能与之交换。”[1](本书不是经济学著作,所以我们就不再进一步从经济学上分析这个“钻石与水悖论”的问题了。)

经验和常识告诉我们,造成钻石价格居高不下的根本原因是钻石的稀缺性(需要注意,这里所说的稀缺性是针对人的需求的稀缺性,而不是“天然物质”在比例和分布上的稀缺性);如果钻石像水一样多,像水一样普遍易得,钻石的价格也就会和水一般无二了。

从古至今,人们一向认为有些资源是稀缺的,而另一些资源——例如空气和水——实际上是“取之不尽,用之不竭”的。也就是说,人们一向认为许多资源是有限的,但也有一些资源是无限的。

在 20 世纪 60 年代,人类的这种认识有了一个根本性的改变。

1962 年,罗马俱乐部的研究报告《增长的极限》公开发表了。这个研究报告的首要结论是作者的如下观点:“我们深信,认识到世界环境在量方面的限度以及超越限度的悲剧性后果,对开创新的思维形式是很重要的,它将导致从根本上修正人类的行为,并涉及当代社会的整个组织。”[2]

虽然事实已经证明,这个研究报告的一些具体结论并不正确,但我们还是应该承认这个研究报告在改变人们的资源观方面发挥了振聋发聩的作用,甚至应该说,它标志着人类的资源观发生了新的变化。

整个物质自然界“实际上”是无限的,而自然资源却是有限的,这就是现代资源观的核心观点。生活在 20 世纪末的人类已经不再认为“清洁空气”和淡水是“取之不尽,用之不竭”的自然资源了。生活在 21 世纪的人类将愈来愈强烈地感受到自然资源的有限性所带来的压力。

B. 物质的无目的的本性和原材料的目的导向的潜能

在生产过程中,自然资源成为了人的劳动对象。

从整个人类历史的角度来看,最初的劳动对象都是“天生的”自然资源,虽然在现代社会中人类仍然在某些情况下以“天生的”自然资源作为生产过程中的劳动对象,但现代社会中的人类在更多的情况下却是以“人工的”东西作为直接的劳动对象了。

人们常常把物质生产过程中作为“物质起点”的劳动对象称为原料或材料。

---

① 亚当·斯密,国民财富的性质和原因的研究上卷,商务印书馆,1994 年,第 25 页。

② 罗马俱乐部,增长的极限,四川人民出版社,1983 年,第 223 页。

生产过程的原料或材料可能是天然资源，也可能是通过原材料生产过程而生产出来的“人工的”原材料。为了分析的方便，我们以下将不再区分天然的原材料和人工的原材料。

任何原材料都是物质。一物有一物的本性。原材料自然也有自己的本性。原材料是不可能脱离自己的本性而发挥作用的，相反，原材料是只可能以自己的物质本性为前提和基础而发挥作用的。

虽然任何物质都有自己的本性，但并非任何物质都是原材料，可见“作为原材料”的原材料必定还有自身的特殊性质。那么，原材料自身的特殊性质是什么呢？

原材料自身的特殊性中最根本的一点是目的定向的“可塑性”，或者用哲学中习用的术语来说是其在目的导向下可发挥的潜能的“广泛性”。

原材料是对产品而言的。在生产过程中，原材料经过一系列的加工和变化而变成了产品，从哲学的观点来看，这正是一个从“潜能”变成“现实”的过程。

原材料之所以是原材料，乃是因为它具有通过生产过程而使目的变成现实的“潜能”。一般来说，有可能经过加工变化而变成为非常多种多样的产品的物质才是原材料。

虽然对于那些“非批量生产”的产品甚至是“单件生产”的产品，我们也要承认该产品必有其相应的、稀有的甚至是具有极特殊“潜能”的原材料，从而看出以“潜能”来解释原材料的本性是具有普遍的“解释力”的；但我们还是应该强调，一般来说，原材料的特殊性在于其潜能的“丰富多样性”。

在一般哲学的物质论中，“潜能”是对“现实”而言的，而在技术哲学和工程哲学的物质论中，原材料的“潜能”是对“目的”而言的。只有那些有可能使目的变成现实的物质才被当作“原材料”，所以，原材料的潜能乃是目的导向的潜能。

必须强调指出，物质生产过程不是也不可能是从纯粹的“虚无”开始的。具体地说，原材料就是物质生产过程的物质开端。

在物质生产过程中，原材料的存在是必需的物质前提和基础；没有这个物质前提和基础，物质生产过程是不可能进行的。

古希腊哲学家亚里士多德不但提出了四因说而且提出了从潜能变成现实的理论。

亚里士多德的哲学是一种目的论的哲学。亚里士多德的四因说认为，任何物质都有目的。我们认为，这种观点是不正确的，非生物界的物质是没有目的的。

我们认为，广义的自然界包括人类社会在内的一切存在物，而狭义的自然界指与人类社会相区别的非生命系统和生命系统。人造自动机系统、复杂的生命系统特别是社会系统，具有不同层次的目的性。在谈到所谓原材料的“目的导向的潜能”中的“目的”时，“目的”一词乃是指的人的“目的”。

6.3.2 工具和机器

人类不是赤手空拳来“对付”原材料的；在生产过程中，人类是使用工具来“对付”原材料的。

马克思说：“在太古人的洞穴中，我们发现了石制工具和石制武器。”“劳动资料的使用和创造，虽然就其萌芽状态来说已为某几种动物所固有，但是这毕竟是人类劳动过程独有的特征，所以富兰克林给人下的定义是，制造工具的动物(a tool-making animal)。”对于工具即劳动资料的作用和意义，马克思给于了高度的评价，他说：“各种经济时代的区别，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料生产。劳动资料不但是人类劳动力发展的测量器，而且是劳动借以进行的社会关系的指示器。”①

什么是工具呢？有人说，工具是“直接作用于劳动对象并使之改变状态的物质手段。广义地说，人们为了实现某种目的所使用的器具、装备、学说和方法均可称为工具。在工业和工程活动中，工具专指用来改变原材料的物质性技术手段，是这种活动中的硬件，区别于工艺、技能和控制程序等软件。古代的石斧、骨针和水磨，近代的车床、钻床、纺纱机和蒸汽机，现代的连轧装置、电子计算机和工业机器人，都是劳动过程中的工具。机器是高度发展了的特殊工具，是自我依赖的工具。在一些情况下，人们所说的工具仅指手工劳动所使用的器件，以便与机器相区别。”②

这就是说，工具有广狭两个含义，狭义的工具仅指手工工具，广义的工具则把机器也包括在内。另一方面，机器一词也可有广狭两个含义，狭义的机器不包括手工工具，广义的机器则把工具也包括在内。于是，广义的工具和广义的机器成了相同的概念，而狭义的工具和狭义的机器则是互斥的概念。在以下的分析中，我们将根据行文的需要，或在广义上或在狭义上使用工具和机器这两个词，这是希望读者注意的。

技术史和经济史的一个重要发展线索就是工具和机器的发展史。回溯这个发展史不是本书的任务。我们在这里仅简单地谈一谈关于机器结构的问题。

马克思对于他那个时代的机器的结构进行了分析，他说：“所有发达的机器都由三个本质上不同的部分组成：发动机，传动机构，工具机或工作机。发动机是整个机构的动力。”“传动机构由飞轮、转轴、齿轮、蜗轮、杆、绳索、皮带、联接装置以及各种各样的附件组成。它调节运动，在必要时改变运动的形式(例如把垂直运动变为圆形运动)，把运动分配并传送到工具机上。机构的这两个部分的作用，仅仅是

---

① 马克思，资本论，人民出版社，1995 年，第 204 页。

② 《自然辩证法百科全书》编辑委员会编，自然辩证法百科全书，中国大百科全书出版社，1995 年，第 113 页。

把运动传给工具机，由此工具机才抓住劳动对象，并按照一定的目的来改变它。”[①]

从马克思那个时代以来，机器的结构又有了新的发展。现代的“新机器”又增加了控制机这样一个组成部分，特别是在现代企业中，单个的机器又组成了复杂的机器系统。

从某种意义上，也许我们完全可以说，现代社会是一个“机器社会”。没有现代机器，就没有现代社会；没有现代机器，现代社会就会土崩瓦解。

A. 机器是实现目的的中介

一般来说，在动物的活动中已经表现出了目的性。人类的活动更是有很强的目的性的。

除了很少的例外，可以说动物在活动中是“直奔”目的的；而有理性的人类却并不“直奔”目的，而是借助于中介，走了一条“曲折”的路线，在这里突出地表现出了“理性的机巧”。

黑格尔说：“理性是有机巧的，同时也是有威力的。理性的机巧，一般讲来，表现在一种利用工具的活动里。这种理性的活动一方面让事物按照它们自己的本性，彼此互相影响，互相削弱，而它自己并不直接干预其过程，但同时却正好实现了它自己的目的。”[②]马克思很欣赏黑格尔的这个观点，他在《资本论》一书中引证了黑格尔的这段话。

马克思说：“劳动资料（引者按：劳动资料就是生产工具）是劳动者置于自己和劳动对象之间、用来把自己的活动传导到劳动对象上去的物或物的综合体。劳动者利用物的机械的、物理的和化学的属性，以便把这些物当作发挥力量的手段，依照自己的目的作用于其他的物。劳动者直接掌握的东西，不是劳动对象，而是劳动资料（这里不谈采集果实之类的现成的生活资料，在这种场合，劳动者身上的器官是唯一的劳动资料）。”[③]

利用机器作为物质中介进行生产活动，达到自己的目的，并不是生产活动的“表面的”特征，而是生产活动的“本质的”特征。

我国两千多年前的大军事家孙膑在《孙膑兵法・奇正》中说：“圣人以万物之胜胜万物，故其胜不屈。”哲学家荀子在《荀子・劝学》中说：“君子生（生：本性）非异也，善假（假：利用）于物也。”应该承认，孙膑和荀子的这些话都并不是针对生产活动而言的，但是他们都已看出“君子”或“圣人”的“最高明”之处乃在于他们并不直接地投入“人-目的物”关系之中，而是“机巧”地在“人-目的物”之间加入了一个“中介物”，通过“中介物-目的物”之间的相互作用来达到自己的目的。很显然，对于孙

① 马克思，资本论第1卷，人民出版社，1965年，第410页。

② 黑格尔，小逻辑，商务印书馆，1981年，第394页。

③ 马克思，资本论，人民出版社，1965年，第203页。

膑和荀子的上述观点，我们是应该给予高度评价的。

我国研究黑格尔的专家王树人说："黑格尔把作为人类实践特征的目的性揭示出来，是他的一项历史功绩。但是，目的性的实现没有中介是不行的。所以，黑格尔把实践活动作为中介活动揭示出来，则是他的又一项历史功绩。事实说明，黑格尔关于中介所作的论述，即关于实践中手段(工具等条件)的地位和作用，在他考察人类实践"活动的论述中，乃是内容丰富而又深刻的篇章之一。"①

对于物质中介即手段的重要作用与意义，黑格尔给予了高度的评价。

黑格尔在其早期著作手稿《伦理体系》中说："由于劳动工具具有这种合理性，因此它作为中介物，既高于劳动，又高于……劳动对象，也高于享受或目的；正因为这个缘故，一切处于自然阶段的民族也都对劳动工具表示那样的尊敬，在荷马的作品中我们可以看到对劳动工具的这种尊敬，以及对于这种意识作了多么美妙动人的描述。"②

在《逻辑学》一书中，黑格尔又说："手段是一个比外在合目的性的有限目的更高的东西；——犁是比由犁造成的、作为目的的、直接的享受更尊贵些。工具保存下来，而直接的享受则会消失并忘却。人以他的工具而具有支配外在自然界的威力，尽管就他的目的说来，他倒是要服从自然界的。"③

可以说，一部人类社会的发展史在很大程度上就是劳动工具和机器的发展史。

值得特别注意的是，在使用劳动工具和机器的过程中，又"派生"出了一个极其重要的现象："中介的无限进展"。

黑格尔说："假如我们考察一个前提，即主观目的与那由此而变成手段的客体的直接关系，那末，主观目的并不能够直接与那个客体相关，因为那个客体与另一端的客体，同样是一个直接的东西，而在另一端中，目的就须通过中介来实现。所以在它们被建立为有差异的东西的情况下，就必须在这种客观性和主观目的之间插入它们的关系的一个手段；但这个手段同样又是一个已经被目的所规定的客体，在它的客观性和目的性的规定之间，又要插入一个新的手段，如此以至无穷。这样就建立了中介的无限进展。"④

在现代社会中，人们对这种"中介无限进展"的现象可以说已经是司空见惯了。

在人们要生产出某种"目的用品"M 时，人们并不"直奔"M，而是先去制造可以生产出 M 的机器(物质中介)N1；而为了得到 N1，人们往往又不得不先去生产 N2；而为了得到 N2，人们往往又不得不先去生产 N3……如此递进，这就形成了一个中介"进展"的"链条"。

---

① 中国社会科学院哲学研究所编，论康德黑格尔哲学，上海人民出版社，1981 年，第 318 页。

② 同上书，第 305 页。

③ 黑格尔，《逻辑学》下卷，商务印书馆，1966 年，第 438 页。

④ 同上书，第 441 页。

很显然，黑格尔所说的“中介无限进展”的含义只是说任何具体的中介都绝不可能是设置中介的“最后界限”的意思，是从历史的角度来看的物质中介发展的“无限性”，而绝不是针对某一具体生产目的而言的“中介进展”的无限性；因为针对某一具体生产目的而言的“中介设置”都必然是有限的。

应该强调指出的是，虽然从“表面”上看来，人类并不“直奔”目的反而“走”一条“通过中介”的曲折路线是不“经济”、不“明智”的；而实际上，这却正是人类理智和人类理性的最集中的表现之一。

以机器作为中介，不但在实现目的时可以获得“量”的放大的效应，而更重要的是人类的许多目的只有通过中介的途径才能实现。

为了实现极其多种多样的目的，人类才在“中介无限进展”的过程中制造出了许许多多的机器；也正是依靠这些许许多多的机器，人类才有了可能去实现那些极其多种多样的目的。因此，作为人类历史发展的结果和产物，现代社会也就不可避免地成为了一个“机器社会”，一个“物质中介”的社会。

B.“殊途同归”的中介和“同途殊归”的中介

中介是对目的而言的。中介也就是达到目的的途径，目的也就是途径的归宿。

为了实现某一目的，所能够采取的手段或中介往往不只一种；为了走向某一个目标，达到某一个归宿，其途径往往也不只一条。这就是外国人所说的“条条道路通罗马”，中国人所说的“殊途同归”。

虽然可以说，在某些情况下也存在着途径问题并不重要的现象，但在更多的情况下，途径问题并不是一个不重要的枝节问题。正因为中介和途径可以是多种多样的，这也就产生了中介和途径的选择问题。

如前所述，黑格尔已经谈到了“中介无限进展”的问题，实际上，在社会现实生活中，特别是对于那些重要的和重大的生产目的来说，“中介链条”或“技术路线”的选择常常是一个至关重要的问题。

一般来说，所谓“中介链条”或“技术路线”是一个十分复杂的问题，在本节中所关注的只是“物质中介链条”或“机器技术路线”方面的问题。

1963 年，德国经济学家舒马赫出版了《小的是美好的》一书，其中提出，对于不发达国家的具体情况来说，实现其经济目的的最好途径并不是盲目采用发达国家的“尖端技术”，而应该是采取“中间技术”的路线。对于舒马赫的观点，不同的学者有不同的评价，我们在这里也不能具体地评价他的观点，我们只想指出，他的观点无疑地是有启发性的。

如果说舒马赫的观点涉及到“宏观”的“中介链条”或“技术路线”的选择，那么在现实的经济和生产领域中，显然还存在着“中观”层次和“微观”层次的“中介链条”或“技术路线”的选择问题。

无论是“宏观”层次的“中介链条”、“中观”层次的“中介链条”还是“微观”层次

的"中介链条",对于实现相应的目的来说,都具有头等的重要意义。

在"条条道路通罗马"或"殊途同归"这个成语中,往往在某种程度上带有"目的是重要的而途径是不重要的"这样的含义;而从生产技术的角度来看,这个"殊途",即机器中介或中介链条的选择乃是一个具有头等重要意义的问题。

实际上,在生产和技术的领域,在生产或技术上的进步,最重要的表现形式之一就是为达到同样的生产目的而发明了新的机器,或发明了新的工艺,即找到了新"途径"的"中介链条"或"技术路线",例如,吃饭用的碗是一种重要的生活用品。碗的形状和用途,千百年来并没有多大变化。在这漫长的历史时期中,生产进步的主要内容和表现是制造碗的材料(包括生产新材料的过程)、造碗的工具和机器以及造碗的工艺过程有了"天渊之别",即造碗的"中介链条"有了根本的变化。由此来看,"殊途"的意义实在是很大很大而绝对不容轻视的。

在中国古代文献中,"殊途同归"一语出自《周易・系辞》。令 20 世纪的现代中国人感到非常出乎意外而又非常兴奋的一件事是,1963 年,马王堆汉墓出土的帛书《易传》之《要》篇中又谈到了"同涂(途)殊归"的意义和重要性。对于"同涂(途)殊归"这个理论观点和思想方法在中国哲学史和思想史上的意义和重要性,已经有专文进行分析和论述[①],我们在这里感兴趣的乃是同途殊归方法在生产和技术领域中的重要性。

历史和现实中的许多事例告诉我们,技术和经济进步的一个重要形式就是为已发现的或已有的原料、材料、机器"找到"新的用途。例如,近代石油工业生产最初的目的是为当时人们夜间照明用的"油灯"提供"燃油"(当时是以石油替代了原先所用的鲸油),而情况很快就发生了变化,石油另外有了新用途;在今天,石油工业生产的目的再也不是为照明"油灯"提供"燃油",而是另有新的生产目的了。

由于本书此处的分析和论述的主要线索是目的定向的,为免枝蔓,在此也就不再对工具、机器和中介的同途殊归的问题作更多的分析和论述了。

C. 作为技术范式的机器和"器官延长"说

许多人都知道,美国的科学哲学家库恩提出了关于范式的理论。他认为,科学形成的标志就是范式的形成。受库恩理论的启发,人们也会很自然地提出关于技术范式的问题。技术是一个很宽泛的概念,我们在这里只涉及生产领域中的技术。

有人把技术看作是科学的应用,从历史的观点来看,这种观点是有缺陷的;因为在历史上,技术的产生要比科学早得多。早在原始社会中就有了原始人的技术,而科学的出现则不过是近一两千年的事情。

技术范式的核心是什么呢?技术范式的核心就是工具的使用,是人类使用工具达到自己的目的。

① 李伯聪,论"同涂殊归",文史哲,1999 年,第 4 期。

在中国古代的《庄子》一书中，有着丰富而深刻的技术哲学思想。《庄子·外物》云："荃(荃：捕鱼的器具)者，所以在鱼，得鱼而忘荃；蹄(蹄：捕兔的器具)者，所以在兔，得兔而忘蹄"。在鱼鹰捕鱼时，在猫捉老鼠时，发生的是鹰-鱼、猫-鼠的两项关系；而在人类的生产活动中，由于人使用了劳动工具，这就使人-劳动对象的两项关系变成了人-工具-劳动对象的三项关系。如果说两项关系是"直接性关系"，那么，三项关系就变成了"中介性关系"。可以说，劳动工具或者说物质中介的参加或介入就是生产性技术活动的最根本的特点。

庄子的"得鱼忘荃"说还明确地指出，在生产性三项关系的技术活动过程中，另一特点是在目的实现后中介即工具的被"遗忘"。如果换用现代哲学家喜欢使用的术语，我们可以说庄子已经看出，技术过程或技术关系的一个根本特征就是目的实现后工具或中介的"退隐"。

现代的技术哲学家伯格曼在他的《技术和当代生活的特征》一书中，对技术范式的问题进行了论述和分析。伯格曼认为，技术范式就是手段范式(the device paradigm)。伯格曼所理解的手段(a device)是联接着机器和(机器造出的)用品、机器和功能、中介和目的的。伯格曼指出，目的凸现时，中介退隐(concealment)；目的生效时，中介疏离(unfamiliarity)。伯格曼也注意到，为实现同一目的可以通过不同的中介途径的现象，也就是上文所说的"殊途同归"的现象。他举出的一个例子就是机械手表可以代之以数字石英电子表。伯格曼非常重视中介的作用，他说："只有在魔法中目的才是独立于中介的。在劳动中必然明显地涉及到机器。"①

也许有理由认为，伯格曼所说的 the device paradigm，在汉语中既可以翻译为手段范式，也可以翻译为"机器范式"。在英语中 device 一词既可以指物质工具，又可以指人的"居心"；而汉语中"机器"这个双音词也有两个词素：机者，"机心"也，"机事"也；器者，工具也，器具也；英语的 device 和汉语的"机器"恰好都是把物质工具和人的目的结合在一起的词汇。

机器就是负载着目的的物质中介。生产技术范式也就是机器范式。应该说，这就是物质技术的最根本的特征，这就是生产过程的最根本的特征。

令人遗憾的是学术界目前在这一点上似乎尚未取得共识。例如当代著名的技术哲学家米切姆(Carl Mitcham)在其堪称代表当代技术哲学研究水平的著作《通过技术而思考》②中，在分析和论述技术的各种特征时，几乎没有涉及中介问题。

在这里，我们顺便谈及所谓"器官延长"说。

在我国，人们似乎普遍地接受把工具和机器看作人的某个器官的"延长"(或曰投射)的观点。按照这种观点，显微镜是人眼的"延长"，扳手是人手的"延长"，千斤

---

① Albert Sorgmann, Technology and Character of Contemporary Life. Chicago: The University of Chicago Press, 1984. p. 48.

② Carl Mitcham, *Thinking through Technology*, Chicago: The University of Chicago Press, 1994.

顶是人的肩膀的“延长”,如此等等。

许多人只是满足于使用这个比喻,而从哲学上对之进行了较多的分析和论述的哲学家大概要算是恩斯特·卡普(1808～1896)了[1]。

应该承认,把机器看作人的器官的“延长”的观点,在某种程度上能够说明或解释一些问题,但是,这种观点的最大缺点就是它实际上是以“人-对象”的两项关系的范式来看待和分析问题,而不是以“人-中介-对象”的三项关系的范式来看待和分析问题。所以,最好还是抛弃把机器看作是人的器官的“延长”的观点,而采取把机器看作物质中介的观点。

6.3.3 操作和程序

为生产而准备原材料和机器设备的工作可以说是生产过程的“物质条件”或者说“硬件”条件方面的准备工作。

除了“硬件”条件方面的准备工作之外,生产过程还要有“软件”方面的准备工作,这就是工艺流程和操作程序的计划和设计。生产者必须既作好“硬件”方面的准备工作又作好“软件”方面的准备工作,并且在生产作业过程中把这两个方面很好地结合起来,这才能在实际的生产中取得成功。但我们以下所说的操作和程序并不是指生产计划阶段的“工艺流程”设计方面的问题,而是指生产作业过程中的实际操作和操作程序的问题。

A. 操作

从严格的意义上说,实际的物质生产过程是由一系列的操作构成的。

陈毅《冬日杂咏》中,曾有一首诗云:“一切机械化,一切自动化,一切电钮化,还要按一下。”这首诗非常生动而又富于哲理地告诉人们,在生产过程中,操作这个环节非常重要,甚至可以说,它具有“最终的”重要性。

什么是操作?操作是在加工制造过程中工作人员使用工具或机器对相应的对象施加的动作。操作动作是通过人的身体——特别是手——来完成的。

思维是人脑的功能,而操作则是人体,特别是人手的功能(应当强调指出,我们这样说,绝对不意味着可以把人脑和人手割裂开来)。

操作自然离不开操作主体,另一方面,操作还需要有操作对象。操作主体和操作对象指称的都是实体,而操作指称的却不是实体。

操作是某种形式的运动,但操作又不是一般意义上的运动;操作指的是操作主体和操作对象之间的相互作用,是操作主体对操作对象施加的“作用”。

在历史上,不知道有多少哲学家对人的大脑唱了多少“赞歌”(请注意,这句话

---

[1] Carl Mitcham, *Thinking through Technology*, Chicago: The University of Chicago Press, 1994. pp. 23～24.

中绝对没有认为不应该唱这种“赞歌”的含义),但是,却很少有人注意到人手的重要性——特别是从哲学上注意到人手的重要性。

在哲学史上,正是恩格斯对人手进行了最深刻也最生动的哲学分析和评价。在《劳动在从猿到人的转变中的作用》一文中,恩格斯说:“……我们看到,和人最相似的猿类的不发达的手,和经过几十万年的劳动而高度完善化的人手,两者之间有着多么巨大的差距。骨节和肌肉的数目和一般排列,在两者那里是一致的,然而最低级的野蛮人的手,也能够做出几百种为任何猿手所模仿不了的操作。没有一只猿手曾经制造过一把哪怕是最粗笨的石刀。”恩格斯认为,在从猿到人的转变过程中“手”从四肢中分化出来乃是“具有决定意义的一步”。恩格斯又说:“手不仅是劳动的器官,它还是劳动的产物。”正是在世世代代的劳动中,在“愈来愈复杂的操作中,人手才达到这样高度的完善性,在这个基础上人手才能仿佛凭着魔力似的产生了拉斐尔的绘画、托尔瓦德森德的雕刻以及帕格尼尼的音乐。”[①]

在实际的劳动过程中,人手是和人脑密不可分地结合在一起而进行操作的。然而,由于有许多人“无意”地忽视了人手的作用,更有一些人“故意”地抹杀或贬低人手的作用,我们认为,有必要在这里特别地强调一下人手的重要作用。应当注意,强调人手的重要性、强调操作的重要性和强调劳动工具的重要性是没有矛盾的,是完全一致的。

虽然在现代社会中也还存在着人“徒手”操作的情况,但在更多的情况下却是劳动者或工作者使用工具或机器甚至是自动机器进行操作的情况了。操作的重要性集中地表现在工程过程的“本体”是由一系列的操作(请注意这是指实际的操作)构成的。

如果我们需要和可能讨论技术哲学和工程哲学的“本体论”的话,那末,操作论(或曰运作论)就是技术哲学和工程哲学“本体论”的最核心部分。在传统哲学的研究中,几乎没有人认为需要把操作当作一个哲学范畴来进行研究。可是,在技术哲学和工程哲学的研究中,“操作”(或曰运作)这个范畴却成为了最核心的范畴之一。

现场的劳动者和“操作者”,第一线的工人和工程师都是深知“操作”的重要性的;可是,作为“远离”实际操作过程的“思想者”,许多哲学家却“忘记”了他们也是应该把操作当作一个重要的哲学范畴来对待的。工人和工程师关心的是技术和工艺范围的“操作”问题,是具体的操作问题;而哲学家关心的却是“一般性”的“操作”问题,是作为一个哲学范畴的“操作”问题。

B. 操作和运作

在进行以下的分析和论述之前,我们有必要先对操作和运作这两个术语进行一些说明和解释。

---

① 恩格斯著,于光远等译编本,自然辩证法,人民出版社,1984年,第296～296页。

“运作”这个词大概是中国港台学者先使用起来的。20 世纪 80 年代之前，中国大陆学者几乎无人使用运作这个词。在第 1 版和第 2 版的《现代汉语词典》中，也只收入了“操作”这个词，而没有收入“运作”这个词。《现代汉语词典》对“操作”一词的释义为：“按照一定的程序和技术要求进行的活动”。20 世纪 90 年代以来，“运作”这个词在大陆也逐渐地流行开来，于是，在 1999 年修订版的《现代汉语词典》中，就新收入了“运作”这个词，其释义为：“（组织、机构等）进行工作；开展活动”。

同汉语的“操作”、“运作”或“作业”相当的英文单词是 operation。operation 是一个多义词，在工程技术和管理学的语境中，可以译为操作，亦可译为运作、作业等。以下是几本教材中对 operation 的释义。

希尔在其《作业管理》一书中说：“生产管理（production management）和操作管理（operations management）描述的是同样的一组任务”，作者说在他的这本书中，“生产管理和操作管理（或译为运作管理）这两个术语将被当作同义词看待。”① 在马克兰德等所著的《作业管理》一书中，operations 被分成了 manufacturing operations（制造操作）和 service operations（服务操作）两大类，作者指出：“制造操作和服务操作有许多相似之处，但它们也有重要的差别。”②而另外一些以《生产与作业管理》为书名的教材中，似乎其书名本身已在“暗示”其作者认为需要把制造业的生产管理（production management）和服务业的运作管理（operations management）加以区分了。

从以上的材料中已可看出，国外学者对英文中的 operation 并没有统一的定义和统一的解释。英文中的 operation 有时被用来同时指生产过程的活动和服务过程的活动，有时又被用来单指服务过程的活动。

与英文中的情况相似，在汉语中，操作和运作的含义和用法可以说也没有严格的一定之规。这不但表现在各种文章中，而且表现在有关的教材中。

从词语运用的实际情况来看，英文的 operation、中文的操作和运作等术语都既可以有“广义”的解释也可以有“狭义”的解释。在中文里，就单一术语的含义而言，“广义”的操作既包括物质生产过程中的活动，又包括“服务”、“管理”过程中的活动；而“狭义”的操作则仅指物质生产过程中的活动；另一方面，“广义”的运作也是既包括物质生产过程中的活动又包括“服务”“管理”过程中的活动的；而“狭义”的运作则仅指“服务”、“管理”过程中的活动。从汉语的“操作”和汉语的“运作”这两个术语的相互关系来看，有人有时把它们看作含义相同、可以相互替换的术语；

① 特里·希尔，作业管理（英文影印版），中国人民大学出版社、Prentice Hall 出版公司，1996 年，第 2 页。

② R. E. Markland, S. K. Vickery, R. A. Davis, *Operations Management*，东北财经大学出版社得到国际 ITP 出版公司授权的英文影印版，1998 年，第 2 页。

也有人把它们看作含义和所指不同的术语。

同时，我们还可以从另一方面分析汉语中操作和运作这两个词的使用问题。操作或运作是根据指令进行的，当一个操作或运作指令需要由机器来执行时，也许更准确地说，需要“最终”由机器来执行，或者说，其最重要的动作需要由机器来执行时，人们往往说，这是一项“操作”；当一个运作指令需要由人来执行，虽然在许多情况下，也需要使用某种工具或机器来帮助操作者来执行这个指令，但工具或机器只起辅助作用，例如召集一次会议或进行一次选举时，人们往往说，这是一项“运作”。

应当在此申明，由于汉语中“操作”和“运作”这两个术语的含义和用法没有统一，更因为作者有时想强调不同的“重点”，所以本书在使用“操作”和“运作”这两个术语时，其含义和用法也是并不统一的。有时二者是在“广义”上使用，有时二者是在“狭义”上使用；有时二者是可以互换的，有时则否。这是需要提请读者注意的。

C. 操作和操作界面

在操作这个环节中实现的是操作者和操作对象的物质性相互作用。于是，在这里出现了一个“操作界面”的问题。

当操作者不使用工具或机器时，操作者直接面对操作对象，也就是生产对象，这时只有一个操作界面；当操作者使用工具或机器进行生产操作时，操作者通过工具或机器而面对生产对象，这时就不是只有一个操作界面，而是有两个操作界面了。

当操作者使用工具或机器进行生产时，我们可以把操作者和机器之间的操作界面称为第一操作界面，把机器和劳动对象之间的操作界面称为第二操作界面。

在第二操作界面上实现的是物与物之间的相互作用，人的生产目的“最终”是通过在这第二操作界面上的机器和劳动对象之间的物与物之间的相互作用而实现的。所以，人在设计和制造机器时，也就不得不使机器的设计和制造“符合”“物的标准”或“物的尺度”。

在第一操作界面上实现的是人与物之间的相互作用，更具体地说是操作者和机器之间的相互作用。如上所述，由于人在设计和制造机器时，不得不使机器的设计和制造“符合”“物的标准”或“物的尺度”，而“物的标准”或“物的尺度”并不是“人的标准”或“人的尺度”，于是操作者往往就不得不面对一台与“人的尺度”不能良好“匹配”的机器。也许我们可以说，这样的机器乃是只具有“强大的物性”而缺乏“良好的人性”的“烙印”的机器。很显然，当操作者处于这样的第一操作界面时，我们必须承认他们是处于一种异化的环境中的。

随着社会的进步，人在设计和制造机器时，也就有意识地努力使机器的设计和制造在“符合”“物的标准”或“物的尺度”的同时，又尽可能地使之“适应”“人的标准”或“人的尺度”，使机器在具有“强大的物性”的同时，又打上“良好的人性”的“烙

印”,努力为操作者创造一个更“良好的”、更“人性化的”人-机界面。所谓人机工程学就是一门从技术学科的角度来考虑和解决第一操作界面的“人性化”问题的学科。

在上一节中曾强调指出,工具或机器作为中介而发挥作用时是处于“人-机器-生产对象”的三元关系中的。现在,我们又提出了两个操作界面的问题。当我们考虑和解决第一操作界面的问题时,实际上是在“操作者-‘机器-生产对象’”的“模式”中考虑和解决操作问题的;而当我们考虑和解决第二操作界面的问题时,我们实际上是在“‘操作者-机器’-生产对象”的“模式”中考虑和解决操作问题的。

应该承认,一方面,这两种分析、考虑和解决问题的“模式”是有区别的,二者甚至是有可能出现矛盾和冲突的;但另一方面,二者又是有可能统一起来的。

D. 单元操作和操作程序

一般来说,生产过程不是一次操作就可以结束的,生产任务也不是一次操作就可以完成的。除极个别的情况外,一个生产过程都是包括了多次操作和多种操作的,一项生产任务也是必须通过多种操作和多次操作才可以完成的。于是这就出现了操作单元和操作程序的问题。在对操作进行分析时,既需要进行质的分析,又需要进行量的分析。所谓操作乃是操作主体根据指令对操作对象施加的作用,操作不是某种实体,所以,所谓操作的“质”也就不是指某种实体性的“质”,而是指的(实体的)相互作用性的“质”。

所有的操作都是指某种类型的相互作用。发明一种新的操作,就是发明一种新型的相互作用。

汉语是一种有量词的语言。汉语中,在分析和研究实体(例如原子)时,要使用量词“个”;操作不是实体,所以在谈到操作的数量时,不能使用量词“个”;操作是某种动作,在分析和研究操作的数量时,需要使用“次”这个量词。

正像物质实体有其最小的单位一样,操作也有其最小的单位。我们可以把“最小”的操作单位称为单元操作。从实用的观点来看,也许最好还是不要强调“最小”这个含义,而把“单元操作”解释为组成操作系统的一个一个的“基元性操作模块”。

一个加工制造过程的全部的实施过程是由一系列的操作组成的,我们可以把这个操作的系列称为一个程序。对于加工制造活动来说,操作程序具有头等重要性。

有一些学科很注意研究程序,例如在社会科学中的法学和现代自然科学中的计算机科学。但迄今为止也有一些学科是不注意研究程序问题的。

从哲学思想史的角度来看,韦伯关于合理性问题的研究也许应该被视为对程序问题进行哲学研究的最直接的先驱了。

西方哲学思想一向是以理性(reason)这个范畴为核心的,而韦伯却是以合理性(rationality)范畴为核心展开他的理论分析的。虽然理性与合理性并不是两个

没有联系的范畴，甚至我们必须说它们是有密切联系的范畴；但对于经济学、经济哲学和工程哲学等学科来说，它们之间的区别，实在是值得特别注意的。在现代西方经济学哲学的文献中，到处可见的乃是“rationality”这个词而很少能见到“reason”这个词了。这个转变所提示的哲学思想上的深刻含义是值得仔细品味的。

韦伯认为，有两种合理性：形式合理性与实质合理性，或工具合理性与价值合理性。这两种不同的合理性各是什么含义呢？

“形式合理性主要被归结为手段和程序的可计算性，是一种客观的合理性；实质合理性则基本属于目的和后果的价值，是一种主观的合理性。”①有研究者认为，韦伯关于形式合理性的理论与西方法学关于法律程序的理论有直接的联系。

西蒙(Robert, A. Simon)是诺贝尔经济学奖获得者。作为一位既是经济学家又是管理学家和心理学家的学者，他提出了程序合理性(procedural rationality)这个概念。在《从实质合理性到程序合理性》一文中，他指出，拉特西斯所“命名”的关于公司理论的两个相互竞争的研究纲领——“情景决定论”和“经济行为主义”，也可以进行另外的分析和解释，即从实质合理性和程序合理性的角度进行分析和解释。

西蒙指出，所谓实质合理性(substantive rationality)是指行动者只考虑他的目的这个方面的合理性，而古典经济学的分析是建立在效用最大化或利润最大化假设和实质合理性假设上面的。西蒙又指出，詹姆士(William James)等心理学家在研究人的行为时，主要关心的是人的认知加工过程，而不仅仅是其结果。

西蒙认为，古典经济学家关心的是实质合理性，心理学家关心的是程序合理性。经济学原来是不关心程序合理性问题的，可是，二次大战期间和战后的“操作研究”(虽然英文的 operations research 在汉语中目前已经“约定俗成”地译为运筹学了，但我们在此为行文和分析的需要仍将它硬译为“操作研究”)及其应用给经济学带来了关心程序合理性的新风尚②。

还有学者认为，经济学家从只关心实质合理性转变到更关心程序合理性还有深层的理论上的原因。

从理论的角度来看，古典经济学派关于最优化的理论即关于实质合理性的理论有着难以克服的内在矛盾。应该承认，经济学中关于最优化的理论在面对“无穷回归”和“自指(self-reference)”的指责时，显得有些手足无措。

正如有的学者所指出的，古典经济学派的最优化理论是没有考虑为获得这种最优所必须花费的费用问题的。“一旦我们试图在考虑获得最优化的费用的基础上把最优化思想具体化，我们就会导致无穷回归：由于做决策 A 是有花费的，于是

① 苏国勋，理性化及其限制，上海人民出版社，1988 年，第 226 页。

② Simon, H. A. ‘From Substantive to Procedural Rationality’, in Hahn, F., and Hollis, H. (eds.) ***Philosophy and Economic Theory***, London: Oxford University Press. 1969.

就不得不做另一个关于决策 A 是否值得做的决策 B;但是,既然决策 B 也是要有花费的,这就必须做关于决策 B 是否有利的决策 C,如此等等。这种回归只能被独断地打断或成为一个恶性循环。对决策问题的最优的、实质理性的解决是不可能的。这个在个别决策者水平上的评论可以用作采用程序合理性概念的一个论证。"①

从以上所述中可以看出,从韦伯以来的一些学者特别是一些现代经济学家对程序合理性问题给予了高度的关注。

现代经济学家把关注的重心从理性问题转向了合理性问题,这个转移是意味深长的。经济学家把关注的重心从理性问题转向合理性问题实际上是他们把关注的重心从"纯粹思维"问题转向现实实践问题的反映。

传统哲学所理解的理性是思辨的理性,是纯粹理论的理性,它是不关心实施和实施过程的。而一旦人们需要分析现实和实践问题时,程序理性这个概念也就要自然而然地"浮出水面"或者说"水落石出"了。

可以说,任何脱离了对程序问题的思考和分析的"理性思维",都不是真正针对实践的"理性思维"。只要真正地面对工程实践就离不开操作程序,特别是操作程序合理性。程序合理性是物质生产和工程的实施阶段的一个关键性问题。程序是否合理及程序合理性的程度在很大程度上决定着物质生产和工程在实施阶段能否成功及能在何种程度上取得成功。程带有很大的普遍性:与法律实践相联系的法律程序、与计算机应用相联系的计算机程序、与工厂生产相联系的工艺和工序。所谓技术进步,它的最重要的内容之一就是工艺和工序方面的进步。

程序问题的重要性在计算机科学技术中得到了最充分的表现。电子计算机能进行的最基本的单元操作的数目是很有限的,可以说电子计算机的"无边法力"主要是建立在计算机程序的强大功能上的。

《二十世纪科学技术简史》一书中说:"同一台计算机(我们称它作'硬件'),只要给它配上不同的程序(我们称它作'软件'),它就能做诸如:下棋、证明定理、诊断、翻译、控制生产过程、作曲、教学、绘图、编辑、数学计算等各种各样的工作,甚至可以同时从事这些工作。硬件只是提供了能实现种种'智能'的物质基础,真正起到智能作用的是软件,即程序。只要研制出新的软件,就可赋予计算机以新的功能。""当今的技术状况是,在计算机工业的发展以及计算机在各方面的应用中,软件都起着主导作用。"②

从理论分析的角度来看,程序的极端重要性在所谓"图林机"中得到了最集中、

---

① Maki, U. 'Economics with Institutions' in Maki, U., Gustafsson. B., and Knudsen, C. (eds) ***Rationality, Institutions and Economic Methodology***, London: Routledge, 1993. p. 33.

② 中国科学院自然科学史研究所近现代科学史研究室,二十世纪科学技术简史,科学出版社,1985年,第 280 页。

最典型的表现。

所谓“图林机”是图林(Alan, M. Turing)提出的一种理想计算机,它由一个控制装置,一条存贮带(可以无限延长)和一个读写头组成。存贮带划分为一个一个的格子。机器可以处于 m 种内部状态(configurations)的一种之中。机器可以完成以下指令:

P0——在存贮带正对读写头的格子中打上 0;

P1——在存贮带正对读写头的格子中打上 1;

E1——抹去正对读写头的格子中的符号;

R——存贮带向右移动一格;

L——存贮带向左移动一格。

很显然,从单元操作的角度来看,图林理想计算机是很简单的,甚至可以说简单到了不能再简单的程度了。然而,从理论上说,它却能完成任何一种大型计算机所能完成的工作。这就是说,图林计算机的威力在本质上就是程序的威力。

当然,我们并不认为,在其他的工程过程中,其程序也可以像在图林机中那样表现出同样巨大的威力。

在不同类型和性质的工程过程中,虽然程序都具有头等的重要性,但在不同类型和性质的工程过程中,程序的重要性在性质上和程度上仍然不同,甚至有很大的不同①。

操作是重要的,程序也是重要的。也许应该更具体地说,在不同类型和性质的活动过程中,操作和程序的重要性在性质和程度上有可能是不相同的,特别是单元操作和操作程序的相互关系有可能是很不相同的。一般来说,真正的关键乃是真正处理好单元操作和操作程序的相互关系和相互结合的问题。

虽然以上在分析自然技术时,把重点放在了物质技术尤其是加工制造技术上,但我们想再次强调:在实际的技术实践活动,从严格的意义上说,能量技术、信息技术和物质技术的成分和活动是密切结合在一起的,三者是缺一不可的;另一方面,也需要承认,对于具体的技术活动来说,在多种技术形式中往往也存在着一种“主体性”的技术形式。

① 在此应该特别强调,“社会工程”中的程序同“物质技术工程”中的程序在性质上是有很大不同的,例如,在“社会工程”中出现了程序的公正性的问题,在这方面,法律程序的公正性就是一个典型例子。

董光璧

7. 社会技术

虽然社会技术并非一个新概念,但也还远未为学界所共识。日本学者三隅二不二把社会技术界定为控制人际关系和精神现象的技术[1],美国人赫尔默(Olaf Helmer)、布朗(Bernic Brown)和高登(Theodore Gordon)把社会技术视为社会科学的方法[2],而金周英把社会技术包括在"软技术"范畴内[3]。有关社会技术的研究还处于起步阶段,主要的困难在于对"社会"和"技术"这两个范畴没有一个明确的并得以共识的界定,各家所说的"社会技术"所指并不完全相合。

本书的"社会"概念是相对"自然"而言的,比社会学的社会概念要宽泛得多。本书的"技术"概念是相对"科学"和"工程"而言的,因而"社会技术"是相对社会科学和社会工程而言的[4]。本章最主要的理论目的在于把属于技术范畴的那些知识从社会科学中分离出来,类似于自然技术物化在生产工具(工具、仪器、设备)及其物质产品之中,社会技术实化在社会组织之中,政治组织(政府、议会、法院等)、经济组织(工厂、农庄、商店、银行、保险公司等)和文化组织(学校、医院、剧场等)都是社会技术的载体。各种社会组织的运行程序的总和形成一个社会技术系统,而它与自然技术系统和思维技术系统的并列共存和相互作用,进一步构成一个完整的技术系统。

从起源的视角看,社会技术与自然技术几乎一样源远流长。但从其科学性的视角看,社会技术却远远落后于自然技术。无论是自然技术还是社会技术,都首先是从经验中产生并发展起来的。但是,在自然科学发展起来之后,自然技术又增添了自然科学这个基础,从而成为"科学的自然技术"。虽然从 18 世纪起人们就开始努力发展社会科学,但迄今也没有社会科学的学科成熟到可与自然科学相比拟。社会技术之所以落后于自然技术,就是因为缺乏真正的社会科学为其基础。"科学的社会技术"有赖社会科学的进步,期待着社会科学家摆脱意识形态的禁锢。

科学、技术和工程组成的一个大系统,以其目的、性质和特征的不同而加以区

---

① 三隅二不二,社会技术入门,日本,白亚书房,1995 年 11 月。

② Olaf Helmer,Bemice Brown and Theodore Gordon,Social Technology,Niw York,Basic Books Inc.,Lomdon,1996.

③ 金周英,软技术——创新的空间与实质,新华出版社,北京,2002 年 1 月第一版。

④ 董光璧,论社会技术,自然辩证法报,1989 年第 10 期,1989 年 5 月 10 日。

分，尽管在实际的活动中它们密切相关。技术从它产生之日起就表现为人类对物质、行为和概念的控制手段。技术发明的任务不在于揭示现象的规律，而在于局部地控制自然和创造非自然的事物，它所提供的不是理论而是操作规则。技术作为人的能动性表现的本质在于，延长人的自然肢体和活动器官，放大人的劳动器官、感觉器官和思维器官的功能。本章试图对操作人类行为的社会技术的结构、功能和演化给出一种系统论的描述。

7.1 社会技术系统的结构

作为技术系统中一个子系统的社会技术系统，它至少可以区分为三个子系统，即组织技术、交易技术和学习技术。组织技术作为人类结群的主要手段、交易作为人类互通有无的主要手段和学习技术作为适应未来环境的主要手段，通过相互作用而形成一个社会技术三角形结构。

7.1.1 组织技术系统

人类在其文化进化过程中逐渐认识到，必须结群生活才能增强其生存的能力，以使每个人的生存尽可能地得到有意识的保障。这种社会集团的出现本身就意味着人与人之间关系的有序化，意味着社会组织纽带的形成。在系统论的意义上，有组织的社会系统具有自动调节和自组织的功能。美国学者拉兹洛曾指出[①]，人类作为社会动物的进化倾向于按一定程度的内聚力来行动，在个人之间形成了某种社会约束力，这种约束力在血缘纽带中已经明显地呈现出来，核心家庭、大家庭和整个血缘系统都按照已奠定的行为规范发挥功能。我们把这种起约束作用的行为规范概括为组织技术，它包括伦理、法规和舆论三大要素，伦理作为人类行为内在的自觉约束手段、法规作为外在的强制约束手段和舆论宣传作为诱导的手段相互补充。

伦理规范的中心问题是确立那些有助于人类进步的道德准则，以作为人们选择正当的行为和生活方式的基础。伦理规范有世俗的和宗教的两种载体，前者的规范体系由于基于经验而易于改变，后者的规范体系由于基于信仰而比较稳定。世俗的理性伦理以中国儒家伦理最为典型，宗教信仰伦理以基督教伦理最为典型。儒家创始人孔子(前 551～前 479)的伦理思想包含有体现平等思想的“仁”和维护等级秩序的“礼”两个方面，其后继者孟子(前 379/372～前 294/289)强调仁，荀子(前 340～前 245)则强调礼，而董仲舒(前 179～前 104)则把儒家伦理思想改造成“三纲五常”的伦理规范，使之既是维护宗法等级制度的工具又具有约束统治者的

① 拉兹洛著，闵家胤译，进化——广义综合理论，北京：社会科学文献出版社，1988 年，第 92 页。

某种作用[①]。这种以纲常礼教为核心的社会伦理体系,不仅影响中国两千年之久而且还影响到汉语文化圈诸国。基督教《圣经》讲述的伊甸园故事成为欧洲人伦理规范发展的泉源,亚当和夏娃偷吃禁果被赶出伊甸园并注定他们的后代永远为赎罪而生存。神圣权威的力量也还要有自觉遵循道德原则来实现,即通过在行为者自身的思想意识中造成价值冲突,以使其畏惧、悔恨并寻求弥补。宗教禁欲主义认为人的灵魂是善良的而肉体及其产生的欲望生来就是有罪的,人生就是一场以消灭物欲来拯救灵魂的斗争。相对世俗伦理体系来说,宗教作为超理性的一种文化形态,其伦理体系具有更高的普适性和稳定性。

法律起源于伦理禁忌,人类学家对此已有分析。禁忌在全世界一切野蛮人中都可以见到,如兄弟和姐妹之间的禁忌,回避继母的禁忌,逃避长老震怒的禁忌。这些禁忌本质上属于伦理性的,违反禁忌要受到宗教性的制裁。当宗教的制裁失灵或宗教的禁忌规范为人们忽视时,法律作为最后的救助手段来维护宗教的权威。法律技术的发展经历了从非成文法到成文法的漫长过程,公元前 18 世纪的古巴比伦汉谟拉比《法典柱》和公元前 10 世纪的中国西周《吕刑》可以看作是人类早期成文法的典型,公元前 5 世纪的古罗马十二铜表法则开人民立法权的先河。人民立法权的现代化是从 17 世纪开始的,美国的《独立宣言》(1776 年)和法国的《人权宣言》(1897 年)成为各国效法的典范,而第二次世界大战后的联合国《人权宣言》(1946 年)则为国际法的发展奠定了基础。法律技术系统作为人类行为外在的强制控制手段,随着文明的发展其范围扩展到方方面面,但主要是维持权力和财富分配的某种社会秩序。法律作为现代社会中用以控制人类本性和行为的重要手段已经发展得相当成熟,但它也仍然不能达到与伦理规范的完全协调,法律与伦理之间的冲突往往使人们陷于两难的矛盾之中。在法律与伦理发生冲突时人们究竟该如何行动,还是一个没有得到合理解决的问题。在爱因斯坦看来,道德规范应该高于法律,当法律与道德发生矛盾时,人们应当按道德规范行事。

舆论作为人类行为导向的手段,包括向公众灌输某种意识形态观点的政治宣传和推销商品和服务的商业广告。政治宣传作为引导民意的手段至少已有两千多年的历史,从古希腊共和国的辩论到现代议员竞选的游说。在当代民主政治中的“竞选”活动,无论是议员竞选还是总统竞选,为获得尽可能多的选票,都想尽办法大造舆论。广告作为诱导消费的工具由来已久,在公元前 1550 年的埃及就出现了书写在草纸上的文字广告,在公元前 1000 年前的古希腊废墟中,考古学家发现有以一枚金币悬赏捉拿逃亡奴隶的广告。中国最早的商业广告实物收藏在上海博物馆,为 960～1127 年济南刘家什铺的广告钢板,其中心绘有商标白兔捣药图。1525 年德国出现第一张纸广告,1610 年在英国出现广告代理商,1812 年世界第一家广

---

① 李书有,儒家伦理的评价,中国孔子基金会编《孔子诞辰 2540 周年纪念与学术讨论会论文集》,上海:三联书店,1992 年,第 311～317 页。

告公司在伦敦开业，进入 20 世纪由于广播、电视和互联网的发展，广告几乎到了无孔不入的地步。作为组织技术之一的舆论技术，无论是竞选游说还是商业广告，不仅夸张的不实之词比比皆是，甚至其有意欺诈也不逊于兵法中的“兵不厌诈”谋略。

7.1.2 交易技术系统

交易技术是伴随着劳动分工的发展而发展的。第一次分工是游牧与农耕的分工，它导致农牧产品之间的交易。第二次分工是农业与手工业的分工，它导致农牧产品与手工业产品交易。第三次分工是职业商人的出现。按照《易传·系词》记载，中国古人早在公元前 60 世纪就由圣人神农氏发明了“日中为市”的交易技术。相传在中国建立商朝(公元前 16 世纪～公元前 11 世纪)的商人就是一个因擅长经商而得名的部落。原始的交易广泛发生在青铜时代，腓尼基人和阿拉米人在交易技术方面为人类做出了早期的贡献，前者在东地中海沿岸建立起大商业城市，而后者在阿拉伯和波斯沙漠上开拓了商路并成为西亚的主要经商人。在交易技术的发展过程中，货币、账簿和证券作为重要手段被发展起来并广泛应用。

货币的发展经历了一个从“必需品货币”到“装饰货币”而再到“纸币”过程。在公元前 6 世纪以前的交易几乎都是以物易物，具有普遍价值的必需品作交换手段导致货币的发明。作为交换的媒介物，古罗马人曾用过牛，古西非曾用过松子酒，古北美人曾用过烟叶，但最普遍使用的是“盐”，古埃塞俄比亚人、古埃及人和古罗马人都用过。必需品货币的进一步发展是具有审美价值的装饰货币，美丽的卵石和贝壳、稀有的琥珀和珠玉、难得的织物和金属，都曾作为交换的媒介。西太平洋克罗尼亚群岛的雅普岛使用过“石币”，在中国、日本、非洲和部分欧洲国家使用过“贝币”。最早炼铁的赫梯人曾以铁作为通用货币，埃及人最早以白银作货币，小亚细亚人以金银混合的琥珀金铸币，中国人在 11 世纪开始使用纸币。但直到 17 世纪机械印刷术发明以后纸币才逐渐取代金银作为通行的价值尺度，随着 20 世纪信息技术的发展电子货币正在取代纸币的地位。

账簿的使用可以上溯到公元前 32 世纪的美索布达米亚，但它的早期应用主要在政府的税务活动中，而它在商业中的应用直到工业革命时期才发展为一种普遍的商业语言。在公元前 30 世纪的古巴比伦和古埃及就在学校里开设了训练会计的课程，但在公元前 14 世纪的古希腊会计还是由奴隶担当的一项繁琐工作，到公元前 5 世纪的波斯帝国已设有专门负责审计的官员，在公元 4 世纪的拜占庭帝国公共管理学校中开设了会计课程，在公元 8 世纪查里曼大帝统治下的神圣罗马帝国还沿用古波斯的审计制度，在 14 世纪的意大利才出现了“复式簿记”的萌芽。工业革命以来，随着企业规模的扩大和资金流动量日益增加，以及资本持有者与管理者的分离，管理者报告经营状况促进了会计技术的发展，成本会计、预算控制和差异分析等专门技术，形成一套比较完整的现代会计技术体系。

证券与货币同样古老，可以追溯到公元前 20 世纪写在泥板上的信贷证书和盖

有商号印章的作为支付定量金银契约的羊皮纸。中世纪中期欧洲的股份制是证券交易的真正起源，由于家庭作坊和亲朋筹资方式已不能满足工业化生产购买机器设备的资金，在意大利出现了合伙企业股份制。这种以入股的方式把属于不同人的资金集中在一起统一经营，并按股份获得股息或红利的经营方式，它是商品经济发展到一定阶段的产物。自英国第一个股份制的海外贸易公司莫斯科尔公司成立（1553 年）以后，又有英国利凡特公司（1581 年）和荷兰东印度公司（1602 年）等股份制的著名海外贸易公司相继成立。股份公司的发展导致股票交易的诞生，自 1613 年在荷兰阿姆斯特丹成立了世界第一个股票交易所以后，巴黎、伦敦、纽约、东京和香港等大都市先后建立了证券交易所，证券市场在 19 世纪末的工业化国家广泛发展起来。进入到 20 世纪以来，在英、美、德、法等经济发达的国家，股份公司成为主要经济形式并在国民经济中占主导治地[1]。

7.1.3 学习技术系统

美国数学家和控制论创始人维纳（Norbert Wiener，1894～1964）在 1940 年代曾经给学习下过一个明确的科学定义：能够在过去经验的基础上改变自己的行为模式，通过反馈使个体（或系统）行为模式能更加有效地应对其未来环境[2]。这种学习定义既适用于动物也适用于机器系统，为机器学习理论奠定了基础。艾什比发现适应与稳定机制之间的联系[3]，指出生物体的适应和维持生存这类行为从结构上看就是稳定性，适应行为等价于稳定系统的行为。这样就把系统的反馈机制与生物的适应行为联系起来，将学习看作生物体从不适应变为适应的过程，个体发育和系统发育的学习都是动物根据环境变化调节自己行为的方式。动物的学习能力和生殖能力，表面看来如此不同这两种现象却密切相关，动物的学习指在环境的影响下改变自己，而动物的生殖指繁衍出相似的后代。

学习与教育是一个问题的两个方面，犹如生物的遗传与进化。旨在应对未来环境的学习类似于生物的适应进化过程，而旨在保持文化传统的教育则可以看作是文化遗传基因的复制过程。学习包括模仿学习、试错学习和生成学习三大类型，学校作为学习和教育的基地发挥了重要作用。在中国，在原始社会氏族公社末期已经出现学校的萌芽“成钧”和“庠都”，西周时期的官学被分为“国学”和“乡学”两类。由于孔子创办私学而在春秋战国时期进入官学和私学并行发展的时期，隋唐时期以降科举取仕制度进一步推进了从中央的国子学和太学到地方的州学和县学的官学教育主导地位，北宋时期集教育与研究为一体的私人书院又把学习和教育提高到一个新的高度，这种局面一直延续到 20 世纪初。在欧洲，古希腊时代就有

① 赵涛，股份制——现代企业的重要形式，经济科学出版社，1997 年。

② 维纳著，陈步译人有人的用处（1949 年原版），商务印书馆，1989 年。

③ 艾什比著，朱熹豪译，大脑设计，商务印书馆，1991 年。

了著名的柏拉图学园，后来有出现了寺院学校，在 11 世纪和 12 世纪教会学校取代寺院学校成为学术中心。这些教会学校大多由奥里亚的热贝尔(Gerbert of Aurillac，约 946～1003)的学生们所创建和发展起来的，直到 12 世纪晚期发展出附属于修道院和大教堂的新型学校“大学”。所谓“大学”意指“教师和学生的组合”，享有不向封建领主纳税和免服兵役的特权，并且在文艺复兴之后逐渐发展成为学术中心。

学习技术与人的心理活动密切相关，一切有关学习的理论都以某种心理学为其基础，因为学习过程包括了语言、记忆和理解等心理过程。在 19 世纪下半叶兴起的学习理论以行为心理学为其基础，包括德国心理学家艾宾浩斯的记忆研究、巴甫洛夫条件反射学习说、桑代克联结主义的联结-试错说、赫尔的驱动力降低-习惯说、斯金纳的操作性条件作用说和格式塔心理学派的完形说等。20 世纪 60 年代以来，由于认知心理学取代行为心理学而出现一批新的学习理论，主要表现为学习的分类理论，或者依据学习方式分类，或者依据学习的结果分类。例如加涅根据学习的内容或方式把学习分为信号学习、刺激-反应学习、动作连锁学习、语言连锁学习、辨别学习、概念学习、规则学习和解题学习八类，而有些人则根据学习结果把学习分为语言信息学习、智慧技能学习、认知策略学习、动作技能学习和态度学习五类。我们把学习技术概括为模仿学习、试错学习和生成学习三大基本类型。

7.2 社会技术系统的功能

按照系统论有关系统功能的理论，作为刻画系统行为的功能概念与环境相联系，指系统的行为所引起的有利于环境中某些事物乃至整个环境存续与发展的作用。社会技术系统的行为功效和能力表现为三个层次，即技术系统、文化系统和自然系统。作为技术系统一个子系统的社会技术，其最直接的作用是对于技术系统内部的自然技术系统和思维技术系统的影响，其次是对于文化系统内的观念系统和制度系统的影响，再次是对于作为文化系统外环境的自然系统的影响。

7.2.1 社会技术在技术系统中的地位和作用

社会技术系统与自然技术系统和思维技术系统在相互作用中发展，社会技术作为技术系统的一个子系统对技术系统中其他两个子系统的影响是直接的。社会技术与自然技术和思维技术的相互作用表现为，自然技术和思维技术为社会技术的实施提供有效的手段，社会技术为自然技术和思维技术的社会运用提供规范。就社会技术对自然技术和思维技术的影响说，社会技术中的伦理法律和舆论三大类基本社会技术都有控制作用。公元前 3 世纪秦始皇借助法律统一文字和度量衡，15 世纪以来的专利法，以及 20 世纪下半叶以来的有关核技术和基因技术条约和法规，是社会技术操作自然技术的典型。

“专利”指政府授予某项发明以有一定时间限制的制作和使用或者出售专利的

权利，以通过延长创新与模仿之间的时间间隔来激励人们创新[1]。但专利权的目的在于推进技术扩散，它本质上是对那些保守秘密的发明者的一种赎买“政策”。世界上第一个专利法是由威尼斯共和国在1474年颁布的，其后有英国(1624年)、美国(1790年)、法国(1791年)、奥地利(1810年)、俄国(1812年)、瑞典(1819年)、西班牙(1826年)、巴西(1859年)、意大利(1859年)、阿根廷(1864年)、加拿大(1860年)、德国(1877年)、日本(1885年)等也先后颁布了专利法，1883年通过了世界性的有关工业所有权的《巴黎条约》，1970又通过了规定跨国专利申请的国际《专利合作条约》。知识产权保护在20世纪成为各国政府的重要职能，不过过分苛刻措施已有悖专利的初衷。

作为衡量人类行为的规范和准则的伦理道德，从来就有强烈的时代特征。自然技术的进步日益增强人的能力，使得原来不能实现的成为现实。人们可以预测原来不可预测的行动后果，一些新技术发展的预期后果迫使人类作出伦理决定。第一次世界大战的化学武器，第二次世界大战的核武器，正在研制的生物武器正在威胁人类的根本安全。特别是核武器的出现及其应用于战争，由于其巨大的毁灭力威胁到整个人类的生存，从而引起了广泛的关注和思考，遂有《国际核安全公约》(1994年)和《禁止化学武器公约》(1997年)等国际条约生效。随着人类对生命认识的深入和医疗技术的突破，试管婴儿、人工变性、人工受精、代理母亲、人工器官、安乐死、精子库和克隆人等带来了许多复杂伦理问题。自然技术的进步促进伦理技术的更新，自然技术的进步促进了职业道德的产生，产生网络伦理、环境伦理、人口伦理、性伦理和生态伦理等许多伦理学新分支。1976年美国国立卫生研究院首次公布了有关DNA安全操作的准则《重组DNA分子研究准则》，规定一系列限制性、禁止性条款，并建立了重组DNA技术研究实验的组织管理体制和严密的生物与物理防护制度，来对这类研究实验加以严格地控制和管理，预防其对人类与环境造成不可逆转的消极后果。

7.2.2 社会技术对于文化系统的影响

由技术、制度和观念组成的文化系统，在三个子系统之间的相互作用中寻求其不同目标之间的平衡，这种平衡的过程就是文化系统结构走向优化的进程。在这种优化进程的动态平衡中，技术作为文化系统中的一个子系统，既承受制度和观念的选择又对制度和观念两个子系统产生影响，但社会技术的这种作用是间接的。因为制度和观念也是有结构的，制度由政治制度、经济制度和社团制度组成，观念由信仰观念、理性观念和价值观念组成，技术子系统与制度和观念两个子系统之间的相互作用是相当复杂的。就社会技术与制度的相互作用说，社会制度本质上是

[1] Fritz Machlup, An economic review of the patentsystem, U. S. goverment Printing Office Washington, 1958.

社会技术的稳定体系，社会制度的建构主要靠社会技术，儒家伦理政治化和基督教伦理经济化可以视为社会技术影响制度的典型。就社会技术与观念的相互作用说，观念对社会技术有着深刻的塑造作用，而社会技术间接地影响观念，货币对社会人的思想意识的作用可视为社会技术影响观念的典型。

对于基督教伦理与欧洲资本经济制度形成的关系，德国社会学家马克思·韦伯(Weber,M.,1864～1920)曾在其《新教伦理与资本主义精神》[①]中给出比较详尽的论述，认为新教伦理发展出的资本主义精神导致了资本主义经济制度的形成。在某种意义上修道院制度的全部历史就是与财产的世俗化影响不断斗争的历史。韦伯仔细研究了禁欲主义的新教的基本宗教观念与它日常经济活动所树立的准则之间的联系，他认为清教徒的职业观及其对禁欲行为的赞扬必然会直接影响到资本主义生活方式的发展。一方面世俗的新教禁欲主义与自发的财产享受对抗束缚着奢侈消费，另一方面它又有着把获取财富从传统伦理的禁锢中解脱出来的心理效果。它不仅使获利冲动合法化，而且把它看作是上帝直接的意愿。它打破了获利冲动的束缚，排斥肉体诱惑并反对依赖身外之物的运动，并不是一场反对合理的获取财富的斗争，而是一场反对非理性地使用财产的斗争。

货币的普遍兑换性给有钱人以移动的自由和闲暇，有了钱人们不再被束缚在土地、房屋、仓库和牛羊群上，以前所未闻的自由去改变他们占有物的性质和地点。人们可以把他们的钱吃掉或喝掉，或布施给庙宇，或花费在学习上，或储存起来以备不可预见的需要。在公元前3世纪货币的这种解放力就开始影响罗马和希腊的一般经济生活。货币所展现的自由、运气和机会使罗马人漂浮起来，人人都想通过抓钱发财致富，农夫们也抛弃耕牧或通过买卖土地获利或借钱做投机生意，而结果却只能是少数人富起来而令多数人失望。马克思(Marx,K.,1818～1883)在其《资本论》中曾这样描述资本主义社会："一切东西，不论是不是商品，都可以变成货币。一切东西都可以买卖。流通成了巨大的社会蒸馏器，一切东西抛到里面去，再出来时都成为货币的结晶。连圣徒的遗骨也不能抗拒这种炼金术。"[②]货币的这种资本主义发展导致被剥夺了财产的群众不断增多，他们那种莫名其妙地被打败了的模糊、困惑和绝望的感觉，为伟大的革命运动准备了条件。20世纪末的东亚金融危机表明，迄今货币还是一种人们难以控制的妖魔。

7.2.3 社会技术对于自然系统的影响

社会技术对自然系统的影响比其对文化系统的影响更为间接，它作为文化系统二级组分与自然系统相互作用所呈现的功效和能力，体现为文化系统对自然系统的反抗和控制。与自然技术和思维技术一样，社会技术在本质上也是反自然的。

---

① 马克思·韦伯著，于晓和陈维纲译，新教伦理与资本主义精神，上海：三联书店，1987年。

② 马克思著，资本论，第1卷，北京人民出版社，1975年，第151～152页。

通过对自然技术的操纵和思维技术的影响社会技术间接地反抗自然系统，农业生产活动改变了自然生态结构，工业生产污染了土地、水体和大气，特别是大规模战争的破坏。历史上游牧民族进犯农业民族的金戈铁马，近代以来并延续至今工业文明侵略农业文明的飞机大炮，不仅毁坏了人类积累的大量文化遗产，而且也严重地破坏了自然系统。

自有了自我意识以来，人类就开始了控制自然的努力，从最初的那种“傲物天命”的巫术时代到认识和利用自然规律的科学时代，一直以征服自然为初衷。巫术时代的人们相信“可以用交感巫术或妖术强迫自然就范”①，虽然这种不切实际的幻想都像后羿和夸父一样以悲剧告终，但它导致人类从失败中转向科学的道路。自近代科学诞生以来，利用自然规律征服自然和改造自然呼声日盛，直到 20 世纪下半叶才被威胁人类生存的工业污染惊醒。现代技术未曾预料到的一些灾难性的后果，使一些思想家认识到，忽视精神价值会造成社会的混乱，主张把技术区分为同生活需要和人性一致的技术与谋求经济扩张和军事优势的权力技术，人类需要的是前两者而不是后两者。

游牧民族与定居民族冲突的本质是两种文化的冲突。由于游牧民族作为征服者往往把他们的意识形态和生活方式强加给被征服的定居民族，不仅中断了原地的文化而且把当时最先进的冶金技术用于铸剑而引向毁灭文化的无尽战争，并且随着战争掠夺的加剧而导致奴隶制社会出现。定居与游牧之间冲突表现为征服、同化和再征服、再同化的历史特征，著名的古希腊文明的形成过程成为人类这一段历史的一个典型。在公元前 20 世纪前后形成的以米诺斯王朝为代表的巴尔干半岛城邦文明，在其后的 15 个世纪中经历了北方游牧民族三次入侵的毁坏和重建，第一次为印欧语系的亚细亚人在公元前 15 世纪发展出迈锡尼文明，第二次为多利安人在公元前 10 世纪对迈锡尼文明的毁坏和重建，第三次毁坏和重建发生在公元前 8～6 世纪，最终导致希腊的强大和文明的繁荣。

战争首先是政治问题、其次是道义问题，而现代战争还同时有科学问题。在第一次世界大战期间(1914～1919)，大多数参战国一开始就做了科学动员。有人把战争看作科学发展的动力，这种看法是十分有害的，而且是不符合事实的。不能只见一批技术适应战争的需求而成熟并迅速应用于武器以及在战后转变为为和平应用，战争是物质资源和智力资源的巨大浪费，是对人类生存方式和生存环境的巨大破坏。第二次世界大战期间在日本投下了两颗原子弹，第一颗原子弹投在广岛爆炸，60%建筑物被炸毁，7.1 万人当场死亡，6.8 万人受伤。第二颗原子弹在长崎爆炸，44%的建筑物被炸毁，3.5 万人死亡，6 万多人受伤。

大多数科学家曾一直认为科学的社会运用与他们无关，意大利-美国物理学家费米(Fermi，E.，1901～1954)曾说：“我是为了做出一些发现才来到这个地球上

① 丹皮尔著，李衍译，科学史及其与哲学和宗教的关系，北京：商务印书馆，1975 年，第 112 页。

的，政治领导人的所作所为与我无关”。但当科学成果落入滥用政治权力的那些人的手中而对人类生存造成威胁时，科学家们一般会引起心灵的震惊。发明烈性炸药的瑞典化学家诺贝尔(Nobel,A. B. ,1833～1896)正是由于这种良心发现而导致的赎罪感，促使他把遗产用于奖励那些对科学和和平事业做出贡献的人。即使费米也为那些鼓吹核武器所导致的危险而震惊，他与其他科学家一起签署了一份著名的文件，敦促美国政府不要制造核武器，他还将这种武器说成是“罪恶的”的东西。建议美国总统赶在纳粹德国之前制造出原子弹的匈牙利-美国物理学家西拉德(Szilard,L. ,1898～1964)，当美国政府决定向日本投掷原子弹时，他又最早站出来反对并成为战后反对核战争的和平运动领袖之一。曾主持原子弹制造的美国物理学家奥本海默(J. R. Oppenheimer,1904～1967)，当原子弹被投到日本领土时，他甚至说“科学家的双手沾满了鲜血”，断然拒绝政府要他接着制造氢弹的要求。

7.3 社会技术系统的演化

按照本书技术系统演化的讨论，社会技术系统的演化决定于其“变异-选择”过程，并且由于主导子系统的更替而呈现出社会技术系统发展的阶段性。整个社会技术发展的历史表明了，社会技术系统的演化经历了组织技术主导和交易技术主导两个阶段，当代正处在向学习技术主导过渡的关键时期。社会技术演化的这三个阶段，大体分别对应于农业文明、工业文明和科业文明三个时代。

在组织技术主导社会技术的农业文明时代，技术系统是自然技术主导的，并且文化系统也是由技术主导的；在交易技术主导社会技术的工业文明时代，技术系统是社会技术主导的，而文化系统是由制度主导的；在学习技术主导社会技术的科业文明时代，技术系统将是由思维技术主导的，而文化系统是由观念主导的。

7.3.1 组织技术主导的社会技术系统

社会技术系统内诸子系统之间的相互作用，在某种内外环境的选择作用下，形成组织技术相对发达的社会技术发展状态，即以组织技术主导社会技术系统为特征的状态，组织技术占据社会技术三角形的最长边。在组织技术主导社会技术系统的时代，自然技术是由物质变化技术主导的，思维技术系统是由语文读写技术主导的，物质变化技术、组织技术和语文读写技术构成一个主导技术群，并且整个文化系统呈现为由技术主导的农业文明特征。

在组织技术主导社会技术的农业文明时代，组织技术系统是由伦理主导的。不仅在初民社会伦理与法律不分[1]，即使在法律与宗教分离之后，甚至在整个农业

---

① E. A. 霍贝尔著，周勇译，初民的法律——法的动态比较研究，北京：中国社会科学出版社，1993 年。

文明时代,法律都是以宗教伦理为其思想基础的。特别是权力的合理性总是需要神学论证支持,统治一方的皇帝不得不以“天子”自居。人们寄希望于神灵并坚信它们会对人的任何一个特定的行为作出其赞成或反对的反应,人们认为生活的大多数或某些重要的方面人服从于神的意志,生活必须与神的意旨相协调。这种普遍的神圣信仰使法律与宗教相互依存,以宗教观念为出发点,以法律的操作为归结。社会秩序更多地依赖于宗教,法律往往作为宗教的一种保证而存在。

在组织技术主导社会技术的农业文明时代,交易技术系统是由直接交易主导的,其经济学特征主要表现为商品数量和商品价格。农业文明时代的小农经济以家庭为单位,是自己生产并自己消费的直接经济。主要的交易发生在农产品和手工业产品之间,主要的交易方式是生产者和消费者在集市上直接进行,只在那些比较发达的城市才集中出现作为交换中介的商号。这种直接交易的农业文明,社会分化不充分,经济效率不高。

在组织技术主导社会技术的农业文明时代,学习技术系统是由学校学习,并成为贵族或富裕人家的特权。学习以人文教学为主要特征,并且以示范和模仿为特征。中国古代的学校教育是农业文明时期学校学习的典型,除秦代短期实行“以法为教,以吏为师”,以道德教育为中心的儒家教育思想主导中国几千年之久。儒家将德育过程划分为知、情、意、行四个阶段,强调陶冶学生的道德情感和指导学生自我修养,并把教学具体概括为学、思和行三个相互联系的基本环节。北宋时期兴办的白鹿洞书院(938 年)、岳麓书院(976 年)、石鼓书院(997 年)和应天书院(1009 年)四大书院,不仅实践了儒家的教育思想并代表了中国古代的教学水平。欧洲中世纪的大学主要任务是培养牧师,一般分为学艺、法学、医学和神学四个学部,前三个学部都是作为进入神学部的预备而设立的。12 世纪以后 200 年间先后兴建的大学,波罗那大学(1160 年)、巴黎大学(1160 年)和牛津大学(1167 年)之后,剑桥大学(1209 年)、帕多瓦大学(1222 年)、那不勒斯大学(1224 年)、萨拉曼加大学(1227 年)、布拉格大学(1347 年)、克拉科大学(1364 年)、维也纳大学(1367 年)、圣安得鲁斯大学(1410 年)等著名大学,成为欧洲学术文化发展的基础。

7.3.2 交易技术主导的社会技术系统

社会技术系统内诸子系统之间的相互作用,在某种内外环境的选择作用下,形成交易技术相对发达的社会技术发展状态,即以交易技术主导社会技术系统为特征的状态,交易技术占据社会技术三角形的最长边。在交易技术主导社会技术系统的时代,自然技术系统是由能量转换技术主导的,思维技术系统是由逻辑推理技术主导的,由能量转换技术、交易技术和逻辑推理技术构成主导技术群,而整个文化系统呈现为由制度主导的工业文明特征。

在交易技术主导社会技术系统的工业文明时代,组织技术系统是由法律主导的。由于洛克(Johan Locke,1632～1704)的《政府论》(1686 年)的影响,人类社会

从自然法的个人自由进到社会契约的自组织状态，一个政治的或公民的社会逐渐形成。社会的每个成员都放弃了自然法的执行权，社会成员之间可能发生的关于任何权利问题的争执，都交给那些由社会授权来执行这些法规的人来判决。这个裁判者就是立法机关或立法机关委任的官长，任何个人都必须遵守整个社会的共同规范。这是这种法治精神使得工业文明比农业文明获得了更高的稳定性。

在交易技术主导社会技术系统的工业文明时代，交易技术是由迂回交易方式主导的，其经济学特征主要表现为货币数量和货币流速。早在19世纪晚期就有人提出工业社会是“迂回经济”的概念，与农业社会人们在家里生产和消费的直接经济不同，人们到工厂里去为别人生产并通过商店卖出去。生产者与消费者之间的这种交换，因为要通过商店等迂回的中间环节，被称之为迂回交换。正是这种迂回的交换方式使得工业社会比起农业社会获得了更大的经济成果。

在交易技术主导社会技术系统的工业文明时代，学校学习从贵族和富裕人家的特权发展为普遍享受的形式，科学日益成为教学的主要内容，并且试错学习成为主要特征。工业文明时代的教育以欧洲的大学教育为典型，而它又是由古希腊的教育观演化而来的。中世纪大学学艺部的课程包括自然哲学、道德哲学和合理哲学三大类，其中自然哲学的科目包括形而上学、数学和自然学，而数学又包括算术、几何学、天文学和音乐。但真正的科学教育出现在文艺复兴之后，大学脱离教会的束缚而成为新思想的摇篮和科学进步的策源地。由于英国哲学家培根（Bacon, F.，1561～1626）提倡实验精神和摩拉维亚教育改革家科孟纽斯（Comenius, J. A.，1592～1670）提倡实验教育，特别是法国启蒙思想家狄德罗（Didrot, D.，1713～1784）重新提倡培根的实验物理学思想，以法国综合技术学校的创设（1795年）为先导的科学技术教育在欧洲兴起。德国语言学家沃尔夫（Wolf, F. A.，1759～1824）开创的“研究班”教学模式（1787年）把大学引向研究型的方向，一大批大学在20世纪成为既是传授知识的场所又是科学研究阵地，英国的剑桥大学、美国的哈佛大学、德国的洪堡大学和法国的巴黎大学是其中最著名的一批研究型大学。

7.3.3 学习技术主导的社会技术系统

社会技术系统内诸子系统之间的相互作用，在某种内外环境的选择作用下，形成学习技术相对发达的社会技术发展状态，即以学习技术主导社会技术系统为特征的状态，学习技术占据社会技术三角形的最长边。在学习技术主导社会技术系统的时代，自然技术系统是由信息技术主导的，思维技术系统是由算法技术主导的，信息技术、学习技术和算法技术构成一个主导技术群，并且整个文化系统呈现为由观念主导的科业文明特征。

在学习技术主导社会技术系统的科业文明时代，组织技术走向是由舆论主导，以多媒体的广泛应用为特征。近代以来的各种传媒技术的发展，为舆论提供了越来越有力的载体。媒体从报刊经过广播和电视发展为英特网，在网上发布多媒体

信息的“第四媒体”为舆论提供了最有力的载体。遍布全球宽带英特网将进入每个家庭，把电话、有线电视和计算机三大通信网络集成为统一的社会信息网络。超文本链接可以将相关多媒体资料文献和正在阅读文献的相关词联系起来，使整个网络成为一个包含图文声像多媒体的巨大信息库。人人都可以自由地利用英特网，每个人的声音都可以迅速地传到地球的各个角落，舆论因此而有条件成为组织技术系统的主导。

在学习技术主导社会技术系统的科业文明时代，交易技术是由网络交易主导的，经济学特征主要表现为信息量和信息流速。在网络化的市场交易中，电子商务和电子货币将占主导地位，订货和销售将通过网络电子商务进行，无论个人收入、消费、投资、买卖股票还是纳税都将使用电子货币。网络上的电子商场虽然也叫商场，但本质上已是不同的事物，因它省去了中间迂回环节而被说成是“直接”交易。网际网路介入零售流通业而使中间通路消失，生产厂家可以通过网络向消费者进行直接销售。打破了既有的商品流通秩序并使市场界限变得模糊。网络商场可以不要商场建筑，经营规模不再受场地的限制，便于与顾客保持更直接而密切的联系，而且不再需要长期维持一个组织机构，减少了长期的风险和经营成本。在信息世界的商务精神中发现自由，是直接经济所能给我们的最好的礼物。

学习技术主导社会技术系统的科业文明时代，生成学习主导学习技术系统，以学习型社会的形成为标志。随着知识更新速度的日益加快，人类已开始进入终身教育的时代。学习经过模仿学习和试错学习主导的两个阶段，进入了生成学习的新阶段。生成学习作为一种行为结构，在控制论的意义上可以看作一种正反馈过程。维特洛克的生成学习理论，强调学习者本人的主动行为，在时间和空间上扩展到个人的各个方面，教育活动让位于学习活动。适应信息社会发展的要求而出现自主学习的形式，使知识超越了个人形成“网络智慧”。这种在网上形成和发展的超智慧为人的自由创造了新的基础，把个人的智慧转变成集体智慧，形成一个全球大脑和创造出一个集体意识。

金吾伦

8. 思维技术

前已阐述，思维技术是自然技术、社会技术发展的一个新阶段。人类社会的发展表现在技术的进程上，首先是物质技术为主导，随后发展到以社会技术为主导，最后是以思维技术为主导。本章的任务是对思维技术作具体的阐述，我们首先从思维技术何以成立说起。

我们主张把"思维技术"纳入技术系统的范围之内，这样做能使技术系统的结构更加完整。

首先，在第1章中，已从技术的视角对技术进行了实质性的明确定义。思维活动过程符合一般的"技术"定义要求。至少是符合"广义技术定义"的要求。陈昌曙在《技术哲学引论》一书中对"广义技术"作了定义。他认为：

"所谓广义技术大体上指人类改造自然、改造社会和改造人本身的全部活动中，所应用的一切手段和方法的总和，简言之，一切有效用的手段和方法都是技术(technigue)。"[1]

按此定义，凡用来改造自然、改造社会和改造人的一切有用手段和方法都是技术，不仅仅单指物质的或有形的手段和方法，还应有无形的手段和方法。而思维活动是人类活动中最原初的活动。有了思维活动，才会有人类自觉改造自然和改造社会的活动，也才会有人工自然的创造。这是从技术的含义来说的。

其次，思维过程是一个与物理过程和社会过程相似的过程。只不过它是在大脑内部进行概念操作的活动过程。人们把这种活动作为一个对象进行科学研究，称为思维科学。人们将外界的信息输入大脑，运用概念、判断、推理，对信息进行加工，得到某种结果输出，这就是思维技术。

思维技术的巨大意义和作用在英国科学家斯蒂芬·霍金身上得到了充分的展现。霍金无疑是一位伟大的科学天才，在宇宙学的研究中做出了杰出的贡献。他是英国皇家学会的会员，又担任了剑桥大学卢卡斯讲座教授。这是牛顿生前担任过的极具荣誉的学术职位。但霍金是一个躺在轮椅上的病患者，他不能行动、不能说话，甚至连身体都无法动弹，惟一活跃的是他的大脑，运用大脑进行思维，思索着宇宙学、物理学中最前沿的科学与哲学问题，用电脑语言合成器将他的思维结果传

① 陈昌曙著，技术哲学引论，科学出版社1999年，第95页。

之别人，这也许正是思维技术的魅力。

于光远写过《思维的年轮》一书，其中对自己从幼年开始到80岁的工作作了回顾。他在《序》中说，"由于我的工作是受我的思维支配的，故而用了《思维的年轮》作为本书的书名。"①其中也透露出他具有高超的思维技术能力。

8.1 关于思维的本质

思维科学与思维技术都涉及思维的本质，但关于思维的本质至今还没有一个公认满意的答案。有人认为："思维是个体人的一种认识活动过程。思维是人的认识活动过程的最高水平，其特征是概括地、间接地反映客观现实。客观事物直接地作用于人的感官，产生感觉和知觉，它们以感性映像反映事物的个别属性或个别的事物，使人把握事物的外部联系。思维则是在感觉、知觉的基础上，通过一系列的智力运演，使人认识那些没有直接作用于人的感官的事物，把握事物的本质和内部联系。人认识了事物的本质和内部联系，就能预见事物的未来变化和发展，从而能动地改造世界。"②

上述对思维的定义还较抽象，似乎还没有直人思维的本质，所以争论颇多。"一些认知科学家则认为思维就是推理，或认为思维是解决问题或决策，不仅包括推理并且包括其他东西，或认为思维是用符号把握环境的能力，或认为思维是输入与输出之间在心中进行的一切。"③

爱因斯坦对思维有一个论述。他说："准确地说，'思维'是什么呢？当接受感觉印象时出现记忆形象，这还不是'思维'。而且，当这样一些形象形成一个系列时，其中每一个形象引起另一个形象，这也还不是'思维'。可是当某一形象在许多这样的系列中反复出现时，那么，正是由于这种再现，它就成为这种系列的一个起支配作用的元素，因为它把那些本身没有联系的系列联结了起来。这种元素便成为一种工具，一种概念。"④

从爱因斯坦的这段论述中可见，概念便是思维技术的一种工具，思维过程就是将以往没有联系的系列联结起来。

也有人把思维看作是大脑对信息的加工过程。G. 鲍威尔用箭头和框框组成的流程图表明，信息加工是在环境输入与最终反映或输出之间发生的一组操作。人心是由于心内装置组成一个单一的极为有效的信息加工系统。图8-1代表信息流入内心和在心内流动的流程。这里所说的"人心"，也就是"大脑"。

① 于光远著，思维的年轮，湖南出版社，1995年。

② 王丕、李沂，"思维"，载于光远主编的《自然辩证法百科全书》，1994年，第512页。

③ 邱仁宗，当代思维研究新论，中国社会科学出版社，1993年，第1页。

④ 爱因斯坦文集第一卷，商务印书馆，1997年，第3页。

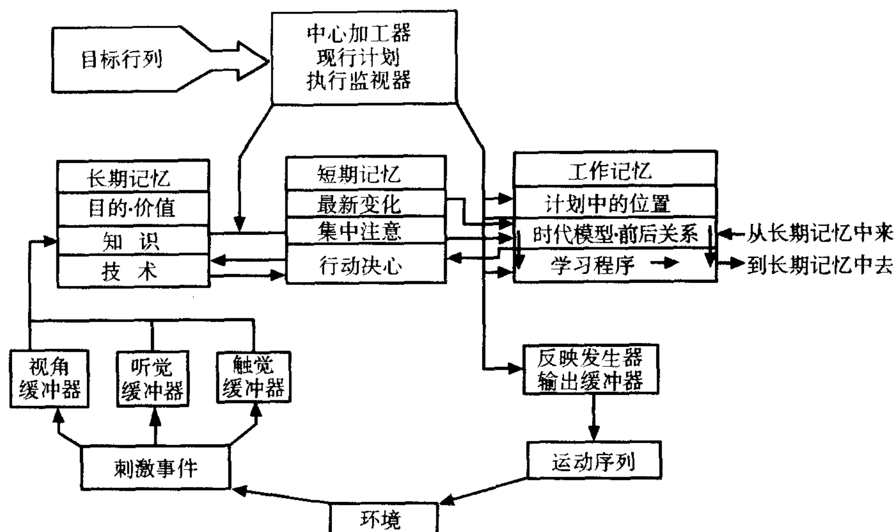


图 8-1 信息流入内心，在心内流动的流程

思维所涉及的信息加工流程与物质技术所涉及的物质与能量流程图是相似或一致的。这也可以说明，思维技术与自然技术一样是实在的，不是虚构的。我们对思维技术的认定是合理的。

为了叙述的方便，我们从思维方式讨论入手，然后再来叙述思维技术。

8.2 思维方式的特征与类型

8.2.1 思维方式的特征

思维方式的特殊性表现在以下几个方面：

(1) 思维方式是一切创造性思想的组织形式；

(2) 思维活动是人所特有的，所以思维技术是人类与动物分野的标志；

(3) 思维活动是人类活动先导的活动，所以，思维技术是人类进步的原动力；

(4) 思维方式是决策、策划人类行动的基础和手段。

思维方式的变革，思维方式的转变是一切变革与转变的开端。一切变革都有赖于思维方式的变革。

8.2.2 思维方式的类型

A. 有专家把"解决问题"的思维方法分成四种基本类型

无为型(do-nothing)、偶然型(chance)、感性型(percective)和理性型(ration-

al)[①]。

(1) 无为型。

这是一种对问题不采取特别的政策,听之任之,放任自流的做法。在现实生活中,对问题采取这种态度的人相当多。无为型的特点是,它相信人不能也无法控制世上各种各样事件的发生。历史上曾经有过几个这样的文明,它们不鼓励解决问题,因为在它们看来现世的灾难,无论是饥饿、洪水还是战争,与光辉的来世相比不过是一些微不足道的烦恼。无为型的支持者不仅仅是信奉来世的宗教信仰者,在知识阶层中也有支持者,原因在于对一些人来说是最好的解决问题的方案,在另一些人看来却是违反道义应该放弃的。中国古贤有“无为而无不为”的论断,这是“无为型”的一种积极能动的主张。

(2) 偶然型。

在远古时代人类大概主要靠偶然来发现解决问题的方法。偶然型的前提是偶然支配人的努力。但是,在方法论方面却向两个不同的方向发展:一是被动闪现洞察或偶然发现问题的正确答案,即爱因斯坦所说的“未探索就获得的发现”(finding without seeking);二是重视世间不断发展的偶然事件,并以合理的态度对待这些事件。

(3) 感性型。

感性思维包括灵活运用人所具有的情感、感觉直觉和预感等特性,将瞬间出现在头脑中的方案付诸行动,而不是遵循既成的方法。这种类型的基本原则和方法因人而异,很难定义。使用感性型方法解决问题的人,一般不能解释他们为什么采取某一解决方案,这大概是由于达到这一解决方案的过程太复杂,流动性太大,难以用语言表达的缘故。善于感性思维的人,常常能够发现自由联想、类比、洞察、直觉以及常被人们认为无相互关联的信息之间的紧密联系。在很多情况下,这些发现都是通过视觉形象来完成的。例如,发现苯分子结构的化学家,据说是在看到了古代的蛇尾咬在蛇嘴里的图案后,直观地悟出了苯的环状型分子结构。

(4) 理性型。

这种类型的思维方法大约是在400年前与近代科学同时出现的,并在自然科学领域取得了巨大的成功。理性型的特点是单向(single-direction)和单因素(single-factor)的思维模式,其特征是客观性以及系统的逻辑过程。它的基础是以下几个主题:

① 实证主义。它相信用科学技术和科学方法能够解决所有问题。相信用观测、实验等经验方法能获得对世界的认识。例如说,“如果人类能登上月球,人类也一定能够消灭贫困”,这种论断便是实证主义的现代版;

② 还原主义。积累和分析大量的信息,将大问题分成小问题,并认为解决了

① 陈颖健、日比野省三著,跨世纪的思维方式—打破现状的七项原则,科学技术文献出版社,1998年,16页。

小问题即解决了大问题，这就是笛卡尔曾经倡导的还原主义。还原主义寻求能够数量化的客观事物，并将不可能数量化的主观要素和信息视为不重要的外来因素。例如，在还原主义者看来，谁来实施问题的解决方案以及具体如何执行方案，这些与人密切相关的因素是不重要的。因为用科学方法得到的解决方案是绝对正确的，无论是谁来执行都会得到同样的结果；

③ 专家崇拜主义。几乎所有的领域都有收集数据的专家，一般认为，只有那些拥有所需信息的专家才能提出正确的解决问题的方案。因为是专家，人们容易认为他们的观点是没有偏见的。专家们自己也认为，只有他们才知道什么是正确的。这种对专家的崇拜，助长了专家特有偏见的形成。毫无疑问，专家是重要的，但是，世上不是所有的领域都是依靠专家确立的，尤其是现实社会中的许多问题，只用科学的方法是不够。而且任何时代任何社会，专家总是少数，应必须重视人民群众的力量。所以，一切委托给专家的做法是不全面的也是有危险的；

④ 决定论。理性型方法认为，通过收集事实，分析数据得到的解决方案，有理性的人无论是谁都会同意，而且方案一旦提出，该方案总是适当的。实际上，这种决定论的结论并不一定被遵循。拉普斯决定论是一种机械决定论，它忽视了事物发展变化的随机性，这种决定论模式基于因果推理的基础之上，虽然具有一定的合理性，不过随着不确定性因素的增加，这种基于推理之上的模式也未必都是正确的，尽管至今决定论仍然盛行。

将理性型方法一般化，在推动研究方面，特别是在自然科学领域是卓有成效的。但是在对当今人类面临的诸多社会问题的解决方面，暴露了它的局限性，例如对解决自动化工厂或原子能发电这种大型技术系统的问题，需要对人类以及社会技术系统的作用问题有广泛而深刻的理解。

一般说来，理性型方法是线性的，只能解释从某一特殊的过去到现在的特定变化，不适合动态的、整体的和循环变化着的现实世界。

以上分类带有哲学涵义。

B. 从其功能意义上对其进行分类

(1) 推理的思维方式。

从推理(reasoning)的角度说，克罗毕认为能经受时间考验的思维方式有以下六大类：

① 在数理科学中的演绎；

② 实验探究；

③ 通过类比进行模型的假说性建构；

④ 通过比较和分析的有序化；

⑤ 人口规律的统计分析；

⑥ 发生学发展的历史起源[①]。

(2) 创造过程的思维方式。

直觉、想像是创造思维的一种，因为它们没有严格的逻辑过程，所以不能应用逻辑推理过程。贝弗里奇从创造过程的角度将思维过程分为三类：

① 批判性思维；

② 想像性思维；

③ 无控性思维(wild thinking)。

贝弗里奇指出，“每一类思维方式都有自己的优点及其局限性；它们只适用于特定的场合。科学研究的一般程序是按批判性思维展开的，只有当着批判性思维无法解决问题时，想像性思维的大门才被打开，从而找到一条解决困难问题的途径。如果这样还是不能找到一条前进的途径，那么，人们就应该求助于无控思维，用新的眼光去寻求解决问题的希望。”[②]

按思维过程进行分类，M. 波斯纳等人(Posneret al,1975)区分了自动思维过程和注意思维过程。“自动思维过程的发生无须有意识的监测或努力，可与同时进行的思维操作相结合而不会影响效率。注意思维过程在随意控制之下，受到有意识的监测，往往要做出努力，当与其他过程结合时就会受到干扰。”[③]

自动思维过程与注意思维过程之间的区别类似于直觉思维与逻辑或理性思维之间的区别。逻辑思维是有意识的、分析的、串行的、有序的，直觉思维过程不是有意识、不能反省，不在随意控制之下，其产物是一种猜测、一种预感和一种顿悟。通常情况下，这两种思维技术可能是同时结合着起作用的。

(3) 科学发展的思维方式。

美国科学哲学家托马斯·库恩从科学发展历程的研究出发，从中得出两种思维方式及其间保持“必要的张力”的观点。这两种思维方式：发散式思维和收敛式思维。科学的发展要求思维活跃，思想开放，但科学同时也要求持久的、牢固地扎根于当代科学传统之中。唯其如此，才能“打破旧传统，建立新传统。”[④]发散式思维的代表人物如爱因斯坦，不断有创造性的新思想；后一类思维方式的代表者如美国科学家密立根测电子电荷，迈克尔逊测光速。这两种思维方式都应进入创造性思维之列。而且库恩强调过，这两种思维方式并不只限于科学活动范围。因此，我们可以把它们推广到管理创新和制度创新等领域。

(4) 打破现状的思维方式。

前面提到的日本学者日比野省三于 1990 年提出了一种新的思维方式，称“打

---

① 伊恩·哈金著，刘钢译，驯服偶然，中央编译出版社，2000 年，第 8 页。

② W. I. B. 贝弗里奇著，金吾伦，李亚东译，发现的种子，中国社会科学出版社，1993 年，第 175 页。

③ 邱仁宗编，当代思维研究新论，中国科学出版社，1993 年，第 175 页。

④ 托马斯·S·库恩著，纪树立等译，必要的张力，福建人民出版社，1987 年，第 224 页。

破现状的思维(breakthrough thinking)”。在中国学者陈颖健和日比野省三合著的《跨世纪的思维打破现状的七项原则》一书中,将发散式思维和收敛式思维作了整合,提出了第三种思维方式,被称为“展开·整合(expontegration)思维方式”。三种思维方式的关系图示如图 8-2[①]:

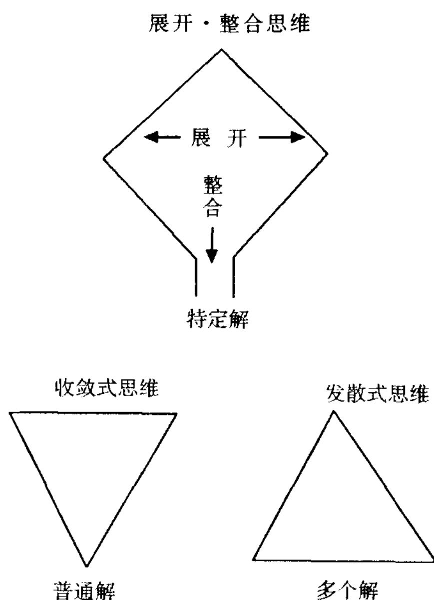


图 8-2　三种思维模式示意图

展开·整合思维方式的视野比发散式思维方式和收敛式思维方式要宽广得多,而且更具时代特色。作者们指出,“展开·整合(式)思维方式能够大大地减少发现问题之‘正确’解决方案的可能性。应该将展开·整合贯穿于打破现状思维的全过程中,因为很多突破发生在整个思维过程的不同步骤上。”[②]

与发散式思维和收敛式思维相仿的思维方式是阿波罗式思维方式和狄俄尼索斯式思维方式。阿波罗式思维方式具有理性的特点:和谐、有序和有计划,而狄俄尼索斯式思维方式则充满情感、意象、狂热[③]。它们也需要展开·整合。

我们说,展开·整合思维方式具有时代特色,因为它符合当代知识发展新的要求,实现潜知识与显知识的展开、整合和转化;实现既思想活跃又保持头脑冷静;既处理人们的现实思想又顾及人们的愿望;既要发散,又要收敛等等一系列的展开和整合过程。这是一种整体论的思维方式,也是适应新时代的创造性思维方式。

① 陈颖健、日比野省三著,跨世纪的思维方式,科学技术文献出版社,1998 年,第 12 页。

② 陈颖健、日比野省三著,跨世纪的思维方式,科学技术文献出版社,1998 年,第 13 页。

③ [德]奥托·卡尔特霍夫等著,光与影:企业创新,上海交通大学出版社,1999 年,第 1 页。

其中当然也包含模仿,复制式思维方式。在此不再展开。

各种类型的研究结果表明,大多数人同时在使用两种以上的解决问题的方法,上述A项的四种类型没有哪一种能够满足"完全方法"的标准。偶然型方法过于宿命论,容易产生消极的对策;感性型方面虽然具有创造性,但有不能保证问题解决方案正确实施的弱点,合理性型方法过于重视专家、调查测定、技术因素,而没有扎根于人的目的意识,洞察力和需求等一些好的解决方案所必需的基本要素之中。

我们需要的是一种集中了各种类型方法之长的综合方法,它是一种充分认识到基于人类的知识和经验总结的上述四种方法的不足,并吸取了它们的长处的"完全方法"—打破现状的思维方法[①]。这种"打破现状的思维方法"被认为是对笛卡尔以来的传统思维方法的重大而深刻的变革。

8.3 思维方式的演变

人类思维的历史发展可将分为四个阶段,即原始思维,古代思维,近代思维与当代思维。

A. 原始思维

原始思维萌发在蒙昧、迷信基础上,敬畏鬼神、相信来世、报应,表现为巫术、算命等;

B. 古代思维

古代思维建立在语言、文字的基础之上,是一种哲学童年的思维方式;

C. 近代思维

近代思维建立在逻辑、理性的基础之上,就是我们在8.2中所说的理性型思维方式,这是一种机械论科学时代的产物。它把思维对象,即物质世界看作是机器,把宇宙看作是一口大钟,从而形成一种机械论的思维方式,因而也被称作机器思维。

D. 当代思维

从20世纪开始,科学思维有了新的内容。科学技术的发展迫使人们不能按机器的方式去思考,而要用"系统思想"去思考。"系统思想在从生产企业、军队到纯科学的深奥课题的广阔领域中起着支配的作用。"[②]关于系统思维我们将在复杂系统技术一章中再进行讨论。

我们若把原始思维与古代思维合在一起称为神学思维,则人类思维的历史演

---

① [德]奥托·卡尔特霍夫等著,光与影:企业创新,上海交通大学出版社,1999年,第16页。

② [奥]L.贝塔朗菲著,一般系统论,社会科学文献出版社,1987年,第1页。

变成为三个阶段，可用图 8-3 表示如下[①]：

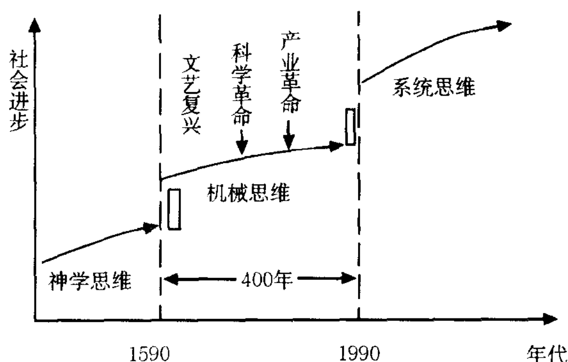


图 8-3　人类思维的历史演变

16 世纪前是“上帝的思维时代”，即世间万物都被认为是由上帝支配的思维方式，也即为神学思维；16 世纪后被笛卡尔的思维方式所替代，这种思维方式实质上就是分析—还原的方式，这便成为近代思维方式，称为机械思维。运用这种思维方式解决问题的思维步骤如图 8-4 所示。

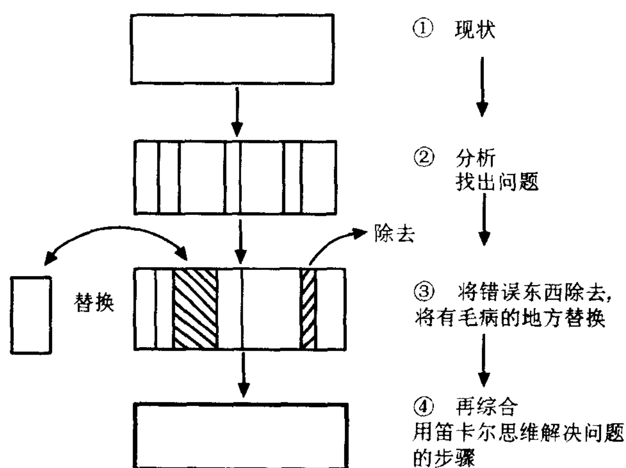


图 8-4　近代思维方式的思维步骤

这种近代思维方式的程序就是近代思维技术：

① 将对待和研究问题分解为或还原为构成要素；

② 分别地对各个要素，加以认识与研究；

③ 再将这些对要素的认识加以综合；

① 陈颖健等，跨世纪的思维方式，第 5 页。

④ 最后得出对待研究的整体认识。

“这种程序被描述为构成论方法或还原论方法。在过去30年里，人们已经认识到，在科学技术的许多部门里，这种方法无法考虑我们生活于其中的世界的基本方面，即大多数事物不是孤立地存在的，构成这些系统的要素以这样一种方式彼此相互作用：整体所具有的特征并不存在于分离的部分中；统一体要比它各部分的简单集合包含更多的东西，因而科学思维需要基本的重新定向以帮助我们理解系统的、有组织的整体，和有意义的复合体的基本本质。这已经导致了新兴学科的出现。这门新兴学科具有深远的理论意义和实际应用价值。”[①]由于分析还原的传统思维方法必然规定了人们从事研究和实践的程序和方法，从而也就忽视了“整体所具有的”比“简单集合”所包含更多的东西。所以它必然将由新的思维方式所代替。整体思维方式也即系统思维方式。

我们所强调的系统性或整体性就是“某一总体的各个要素（或者包括在单个个体的各个要素）的关系，亦即那样一种联系，它把这种要素结合起来，并使总体出现新的（整体的）、那些孤立的要素所不具有的属性的规律。”[②]“这样的整体的唯一性质就是不能把状态划分或分解为某些要素的集合，我们把这种整体性规定为本原的或真正的整体。”[③]

系统思维或整体思维的程序与分析还原思维的程序有原则性的区别。整体思维技术的程序可表达如下：

① 确认所关心系统和领域的许多目的，不管是问题，机会、计划、规划，还是活动；

② 从小到大展开目的，将其排列成阶层，然后选出一个或多个着眼点目的及完成目的的有关标准；

③ 为达到选定的着眼点目的和较大的目的，提出许多“应有状态”和理想系统的想法，然后将这些想法归纳成主要的选择方案；

④ 评估这些方案，以决定“应有状态”目标（对规则状况）；

⑤ 开发接近“应用状态”目标的变革实施方案（包括不规则状况）；

⑥ 为确保变革实施方案运转，对其进行详细说明；

⑦ 计划实施和过渡计划；

⑧ 具体实施方案；

⑨ 提出改良的日期以达到更大的目的和目标的更多部分[④]。

在这里，思维的对象不再是机器，而是系统。贝弗里奇总结了系统的7个方面

---

① ［英］W. I. B. 贝弗里奇著，金吾伦等译，发现的种子，科学出版社，1987年，第92～93页。

② 孙慕天、N. 采赫米斯特罗著，新整体论，黑龙江教育出版社，1996年，第5页。

③ 同上。

④ 陈颖健、日比野省三著，跨世纪的思维方式，科学技术文献出版社，1998年，第147页。

共同特征[①]。对系统进行研究不能再使用还原的方式，而要应用系统分析的方式。

为了更好地理解人类思维的发展历史，我们先来看一看人类思维的个体发育。人类思维发展的历史进程与人类个体发展的历史进程具有相似性。据研究，人类思维的个体发育可分以下四个阶段：

（1）感觉运动阶段。

这个阶段是从婴儿出生起到大约18～24个月。在这个阶段，他们已有感觉，能做出越来越有目的的活动，但除了他们自己的知觉外，对世界一无所知。他们还没有智力符号或意象，甚至还没有意识到他们不予观看或触摸的物体仍然存在着。他们也许会注视一个玩具，抓住它吸吮它，但如果玩具掉落看不见了，或者玩具藏在枕头或毛毯底下，婴儿不会去寻找它，而且立刻变得不知道这个玩具了，仿佛这个玩具已经不复存在。换言之，婴儿只能想此时此地的东西。

到1岁或1岁多时，儿童的活动日益增多。有了"客体"概念。由于反复的接触和记忆的发展，他们开始具有能用来代替感觉的智力意象和概念，他们心中有了一个与外界实在相符合的世界雏形。

（2）前操作思维阶段。

这个阶段大致是2～7岁。在这个阶段，儿童虽然迅速地获得表示外部物体和过程的意象概念和词，并且日益记住种种事物和谈论它们。但是儿童对世界的内心意象还是原始的，首先缺少诸如空间、时间、因果性和量等起组织作用的概念。他们不能利用这些概念完成智力操作，所以叫操作前阶段。在这个阶段里，他们的思维仍未离开婴儿的以自我为中心的世界观。

（3）具体操作阶段。

到7岁左右，儿童进入这个阶段。在这个阶段，他们能从事智力操作，即操纵他们心中具有的符号，仿佛他们正在操纵实在事物。但他们只有具体的符号—物体和动作的符号，而没有抽象的观念或逻辑过程。他们越来越能领会在他们自身以外的事件有它们自身的原因：太阳并不是跟他们走，晚上天黑不是由于我们睡觉的原因。他们已意识到自己的种种思想是与外界实在分离，他们知道梦发生在内心，我们在心中看到梦而不是用眼睛看到梦。

（4）形式操作阶段。

这个阶段大约在11～15岁之间。在这个阶段，儿童不仅能思考具体的物体和活动，而且能抽象关系，像比率、可能性、正义和美德。他们不仅意识到论证的内容，而且意识到论证的形式，并且能说出有关的个人感情。他们能够提供假说，按逻辑原理分类，有条不紊地研究问题。并能将抽象概念进行分类。他们能想像过去、将来和除这个世界以外的世界。他们到了智力发育的最后阶段[②]。

---

① ［英］W. I. B. 贝弗里奇著，金吾伦等译，发现的种子，科学出版社，1987年，第92～93页。

② 邱仁宗编著，当代思维研究新论，中国社会科学出版社，1998年，第189～191页。

由此可见，人的思维个体发育阶段与我们前面所述的人类思维历史发展阶段基本上是相应和相合的。

8.4 思维技术

思维技术是思维方式的精髓与核心。思维方式是人类进行思维的一种总体狂架，例如机械思维或系统思维等，它不是严格的思维技术，因为其中有些还不属于技术性的范畴。思维技术是对概念进行操作的技术。

8.4.1 思维技术的构成

语言文字、逻辑推理和数学计算是思维技术中三种基本技术。

语言是与人类的生活分不开的，它是在人类劳动交往实践中逐渐形成和发展起来的。语言是人类最重要的交际工具，是“做出叙述和传达知识”的工具；而逻辑和算法可以说是人类最具代表性的基础。语言的发展经历了表达、描述和论证的复杂过程，它有各种用法，其性质也各不相同。汉语、英语是自然形成的语言，世界语是人造的语言，BASIC 是人造的计算机语言；文字也有各种各样的用法和性质，它经历了从象形文字再到字母文字的演变。

随着语言文字运用以及对它所作研究的进展，逻辑推理技术也随之形成并不断地精致化。逻辑推理技术发展的一个重要来源是对友语言进行研究。例如，亚里士多德的逻辑学与语言是分不开的。他的逻辑著作《工具论》中，有许多章都与语言有关：《范畴篇》主要讨论语词和语词的意义；《解释篇》主要讨论命题的形成与命题之间的关系，包括讨论语言与思想之间的关系等。培根的《新工具》固然主要是科学研究的结晶，是他致力于发展“心用的工具”的硕果①，但该书也是对亚里士多德《工具论》的批判，例如，第一卷第一章“一四”中说：“三段论式为命题所组成，命题为字所组成，而字则是概念的符号。”②这表明了培根重视逻辑与语言间的关系。

数学计算是思维技术的一种，随着计算机的广泛应用与数字化进程的加速，数学计算的地位愈显重要。从记数和排序开始逐渐发展出种种计算的方法，直到逻辑推理规则成为数学的普遍语法以及算法程序的发展，经历了一个扩散变异的过程。推理与计算的结合发展出适合于思维计算的数理逻辑，数理逻辑、生成语法这两种思维技术与自然技术的物理信息载体结合发展出电子计算机，为人类进入思

① ［英］培根在《新工具》第一卷第二节说：“赤手做工，不能产生重大效果；理解力如听其自理，也是一样。事功是要靠工具和助力来做的，这对于理解力和对于几乎是同样的需要。手用的工具不外是供以动力或加以引导，同样，心用的工具也不外是对理解力提供启示以警告。”这里所说的“手用的工具”就是我们讨论的上述技术。——金吾伦注

② ［英］培根著，新工具，商务印书馆，1986 年，第 10 页。

维技术主技术系统的时代奠定了基础[①]。

8.4.2 语言文字技术

语言文字技术之所以是思维技术，因为说话是人们大脑的思维和神经活动，人们用它们来作为表达和交际工具。

关于语言与思维的关系问题，在语言学已经中是有着争论的。其中主要的语言学理论有两派，一派是20世纪早期占主导地位的结构主义学派，另一派是20世纪中期以后兴起的乔姆斯基为代表的生成语法学派[②]。

(1) 结构主义学派的哲学基础是经验主义，其心理学基础是行为主义。

行为主义心理学的基本思想：

① 只有行为，没有精神。心理、意识之类的精神因素最终也都可归结为行为；

② 一切行为都是物理原因造成的，都可以看作是有机体对环境造成的刺激所作的反应；

③ 环境决定一切，言语无非是刺激反映；言语只有物理形式，没有心理内容。按这种行为主义语言观，言语的全过程可表示为：

$$S \rightarrow r \cdots\cdots s \rightarrow R$$

式中S代表说话者所受的物理刺激，r代表说话者的反应；s代表听话者所受的物理刺激，R代表听话者的反应。中间虚线部分就是语言。言语乃是刺激-反应活动，其中并无思想。

(2) 生成语法学派的语言观与结构主义语言学家有根本不同的看法：

① 结构主义只承认语言有物理表现，不承认语言中有心理表现，因此只能限于研究已经说出来的或写出来的句子，无法包括人头脑中可以造出来，但没有说出来或写下来的句子；

② 结构主义只承认语言是通过经验获得的，不承认语言与人脑结构有关，因此只能限于各种语言的不同之处，无法解释人类语言许多相似之处；

③ 结构主义只承认语言是通过刺激、反应养成的习惯，不承认有通过生物遗传获得的先天知识，因此不能解释为什么每个儿童都在短短的两三年中凭极其有限的经验学会如此复杂的语言，而且任何一种语言都能在大致相同的时间学会。(第16～17页)

生成语法学派的代表人物乔姆斯基认为，心理表现就是“心理上，最终是大脑中的表现”，也即“心理/大脑”的表现。正是在这种认识基础上我们也许能把语言技术归入思维技术的范畴之内。

---

① 董光璧，本书第三章。

② 徐烈炯编著，生成语法理论，上海外语教育出版社，1988年，本文写作过程中主要参考该著作。凡此书中的内容，只注页码。作者对中国社会科学院哲学研究所逻辑研究室邹蒙崇理博士的帮助表示感谢。

不同的规则产生不同的表达方式。图 8-5 是语法组织的框图与表达式层次的框图[1]。其中方框代表规则系统，是规则处理后构成的表达式，箭头表示输入和输出方向。

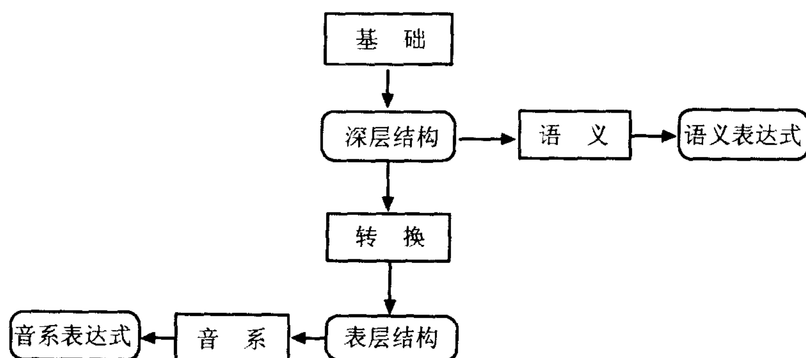


图 8-5 语法组织与表达式层次框图

8.4.3 逻辑推理技术

逻辑推理技术的发明是人类思维百花园中开出的一朵奇葩，是人类文明进步的一个光辉的里程碑，又是思维把握世界的一个重要工具。

逻辑推理技术是在语言技术基础上发展起来的一种思维技术。所谓逻辑，是指正确认识事物运用的符号的规律。用语法学的术语说即是语法(Syntax)的规律[2]。所谓推理，可以定义为"从命题导出命题的思维活动"[3]。我们则把它看成是思维技术。逻辑推理技术作为一种思维技术，就是运用概念进行推理、判断的技术。运用概念，推理和判断都必须符合一定的规则，即从一些判断合理地得出另一些判断的规则。"推理是论证型的思维过程。所谓论证，就是以证据作为前提来进行推理，从而推出一定的结论。"[4]

逻辑推理技术主要有两类，即归纳推理和演绎推理。

(1) 归纳推理有这样的形式：

如果 A，那么 B，

并且 B，

所以 A。

用逻辑公式表示则有

---

① 徐烈炯编著，生成语法理论，上海外语教育出版社，1998 年，第 159 页。

② [日]末木刚博等著，逻辑学——知识的基础，中国人民大学出版社，1984 年。第 5 页。

③ 同上书，第 43 页。

④ 同上书，第 102 页。

$\{(A\supset B)B\}\supset A$

(2) 演绎推理有:

如果 A,那么 B

并且 A,

所以 B。

用逻辑公式表示如下

$\{(A\supset B)A\}\supset B$

一个科学研究过程中,两者常常是同时使用的。亚里士多德就指出,科学研究总是观察上升到一般原理(归纳),然后再回到观察(演绎),他主张,科学家应该从要解释的现象中归纳出解释性原理,然后再从包含这些原理的前途中,演绎出关于现象的陈述。亚里士多德的归纳-演绎推理程序可用图 8-6 表示:

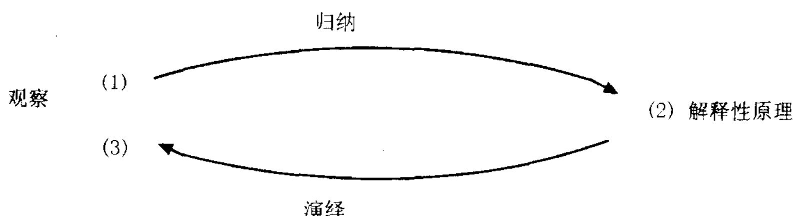


图 8-6　亚里士多德的归纳-演绎关系图

A. 归纳推理技术

我们在日常生活,尤其是在科学研究中,通过观察、通过实验,得到了许多数据资料,但我们并不满足于此,我们希望从中找出这些数据资料背后是否隐藏着某些规律?如果有的话,那么可能是些什么样的规律?要达到这一目的,我们就需要归纳推理技术。

归纳推理技术可以被理解为:以某命题作为前提,推论出与它有归纳关系的其他命题的技术。这里的"归纳关系"是指两个命题 P 和 C 之间,存在的逻辑关系:从命题的真假说,若 P 为真时 C 也真,这种关系是"演绎关系";若 P 真时,C 不一定真,但断定 P 为断定 C 提供了某种支持,这种关系被称为"归纳关系"。

归纳推理技术是随着近代科学的出现而得到丰富发展起来的。英国哲学家弗兰西斯·培根(Francis Bacon, 1561～1626 年)被罗素誉为是"近代归纳法的创始人";马克思称他是"英国唯物主义和整个现代实验科学的真正始祖"。培根提出"知识就是力量"的至理名言,他认为,"知识是以对事物及其发展规律的研究、发现和解释构成的"。培根认为,知识不是通过思辨能达到的,而是像蜜蜂采集花蜜一样一点一滴累积而成的。科学是在我们所能看到、听到、触摸到和知觉到的东西基

础上进行的。所以,必须运用归纳推理技术,才能得到科学知识。或者说,归纳推理是获得知识的一种基本推理技术。

归纳推理技术广泛地应用在科学研究和日常上生活中。举一个最简单的例子,我们观察了许多天鹅,都是白色的,再到别的地方又观察到那些天鹅也都是白色的,于是我们得到一个结论,"所有的天鹅都是白色的"。又如,我们将一根金属棒加热,金属棒膨胀了;我们又加热了许多根金属棒,它们又都膨胀了,于是我们就得出结论,"所有的金属棒加热时都膨胀"。这就是归纳法。归纳法是从对个别现象和具体事物的观察达到对全体的一般的认识。对个别现象的观察总是有限的,而要从有限的观察达到对现象的普遍认识,其中运用了归纳推理或归纳原理。归纳原理可作以下的表达:"如果大量的 A 在各种各样的条件下被观察到,而且如果所有这些被观察到的 A 都无例外地具有 B 性质,那么,所有的 A 都有 B 性质"。

我们还可以表达成这样的形式:

a_1 具有性质 P

a_2 具有性质 P

a_3 具有性质 P

所有的 a 都具有性质 P

这样的归纳技术称为"简单枚举归纳"。它是从特殊推到一般,这是第一类归纳推理。

第二类归纳推理是从特殊到特殊的归纳推理。它是对那些体现在现象中的一般原理的直观,所以被称为"直观归纳推理"。例如,一位科学家在观察到若干情况下月球亮的一面总是朝着太阳,他由此推断出月球发光是由于它的表面对太阳光的反射。直观归纳推理需要洞察力,是一种只有经过广泛的经验之后才能获得的能力[①]。

第三类归纳推理是求同归纳推理技术,它有以下的形式:

事例	事项	结果
1	ABCD	e
2	ACF	e
3	ABEF	e
4	ADF	e

由此人们有理由推断出,e 可能是原因 A 的结果。

第四类归纳推理是差异推理,它的形式是:

事例	事项	结果
1	ABC	e
2	AB	—

① [美]约翰·洛西著,科学哲学历史导论,华中工学院出版社,1982 年,第 7~8 页。

从中得出：事项C可能是结果。

我们已强调过，归纳推理所得的结论并不保证一定是真的。

归纳推理有一定的操作程序，大致分为四步：

第一步是搜集材料，即通过观察和实验，将所得材料，即事实和数据汇集起来；

第二步是分析整理所得到的材料，找出材料之间的相关关系；

第三步是排除法，即排除那些与给定形式无关的、非本质的性质，“最后余留下来的便是一个肯定、坚固、真实和定义明确的形式”；

第四步是解释和预见，就是将所得的假说或结论试探着去解释新现象，甚至预言新现象。这一步相当于对归纳所得结论的验证。

归纳推理的这四步每一步都是不可缺少的。培根就指出过，只知搜集材料的人相当于是蚂蚁，而只进行下几步推理的人有点类似于只从肚子里吐丝的蜘蛛，只有像蜜蜂一样，不但要从花里采集材料，还要用自己的力量去改变和消化这些材料。

归纳推理技术并非处处适用，它只有在一定范围内使用才是有效的、合理的、但它有不可克服的局限性。例如，我们前面说到的“观察许多白天鹅我们通过归纳推理技术等待一个结论：所有的天鹅都是白的”。但实际上我们只要找到一只黑天鹅就能把它否定掉。

归纳推理技术第一步搜集的材料要求具有绝对客观性，实际上是做不到的。由于不同的观察或材料搜集者具有不同的经验、期望和知识背景，即使是看同一个东西，但对这个东西的解释也会不同；甚至由于知觉经验的差别，他们根本就没有看成是同样的东西。由此，归纳推理技术的前提正在经受到挑战。

更为重要的是，归纳推理技术在科学研究中并不单独使用，它总是与演绎法结伴而行。这已在介绍亚里士多德的归纳演绎法中说过了。

B. 演绎推理技术

演绎推理技术是逻辑推理技术中最重要的推理技术。最具代表性的是三段论法。三段论法是由两个前提(大前提，小前提)和一个结论构成，其形式是：

所有的M是P	大前提
所有的S是M	小前提
∴所有的S是P	结论

三段论又可分为直言分段论法、假言三段论法、选言三段论法和二难推理。

用逻辑公式表达就是

$$\{(A\supset B)\cdot B\}\supset A$$

笛卡尔(Descartesvs Rene，1596～1650)是近代有关演绎推理的倡导者与系统阐述者。他把培根所倡导的归纳推理的程序倒转了。培根的归纳推理是从特殊的、具体的关系逐渐归纳上升以发现一般的规律，而笛卡尔则试图一开始在金字塔的顶部，通过演绎程序而往下进行推理研究。笛卡尔演绎金字塔如图8-7所示：

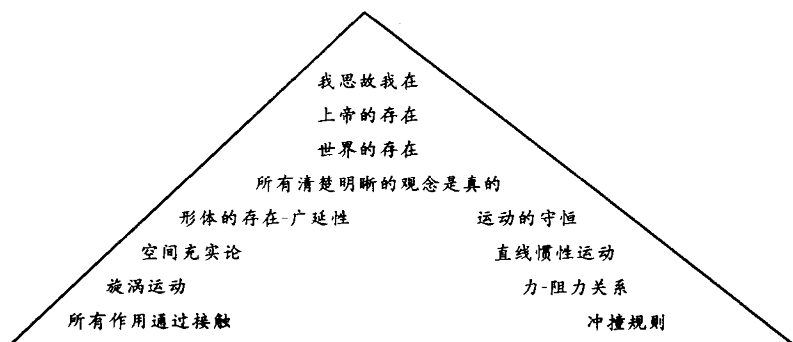


图 8-7　笛卡尔的金字塔——从顶部往底部的演绎

如果我们把培根的归纳推理的基础称为经验主义的，他强调感性经验的基础性，那么我们可以把笛卡尔的演绎基础称无理性主义，因为他强调理性思维以及思想观念的根本性和普遍性。

英国科学哲学家卡尔·波普尔(Rarl Raimund Popper，1902～1994)创造性地将演绎推理技术应用于科学进步的研究。从而发展了"假说-演绎"科学推理模式。他认为："科学理论的增长不应看作是收集、积累观察资料的结果；相反，观察及其积累应当看作是科学理论增长的结果。"这即是波普尔的"科学的探照灯理论"[①]。按照波普尔的批判理性主义理论，他提出以下的图示

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2 \quad 即$$

问题 P→试探性理论→评价性排除谬误→问题 P[②]。这一图示不是归纳推理技术，而是演绎推理技术。

卡尔·亨普尔和保尔·奥本海姆把演绎推理应用于科学解释问题。他们提出，解释一个现象的演绎模式采取如下形式[③]：

$L_1, L_2, \cdots\cdots L_K$	一般定律
$\underline{C_1, C_2, \cdots\cdots C_r}$	先行条件的陈述
$\therefore E$	现象的描述

逻辑推理技术在人类实践活动各个领域的广泛应用中得到了丰富和发展。

思维技术中还包括数学技术、有关技术将在另章论述。

① [英]卡尔·波普尔著，猜想与反驳——科学知识的增长，上海译文出版社，1987 年，第 180 页。

② 纪树立编译，科学知识进化论——波普尔科学知识选集，三联书店，1987 年，第 348 页。

③ [美]约翰·洛西著，科学哲学历史导论，华中工学院出版社，1982 年，第 187 页。

袁向东

9. 数学计算技术

本章是第八章内容的继续。在第八章我们将思维技术分为三种类型，即语言文字技术、逻辑推理技术和数学计算技术。本章主要阐述数学计算技术。

9.1 数学计算技术的来历与构成要素

9.1.1 数学计算技术这一术语的来历

到目前为止，“数学计算技术”（简记为 SJJ）这一术语在文献中并不多见。我们比较熟悉的是另两个相近的术语：计算数学和数学技术。自 20 世纪 40 年代电子计算机诞生以来，计算数学已是人们耳熟能详的词汇。按中国大百科全书数学卷的解释，它是数学科学的一个分支，研究数值计算方法的设计、分析和有关的理论基础与软件实现问题。数学技术这一术语出现得较晚，我们只是到了 20 世纪 50 年代之后才见其端倪。最有影响的一种说法是曾担任埃克森研究和发展部主席的 E. 戴维（Edward E. David）提出的，他在评论高技术时说过这样一句话：“很少有人认识到被如此称颂的高技术本质上是一种数学技术。”何为数学技术？人们有大致相同或相近的各种解释。欧洲工业数学联合会曾给出如下的解释：一是数学模型的技术，即用数学语言来系统阐明一个“真正的实际问题”；二是把这种数学陈述重新构造成一种能给出定性和定量回答的技术。（参见《数学译林》第八卷第三期，1989，p. 231）。

随着电子计算机的快速发展，人们对数学技术重要性的认识也越来越清晰：从天气预报，各种功能的卫星的设计、制造、发射和运行控制，到形形色色的家用电器，高技术所体现的高精度、高速度、高自动、高安全、高效率和高质量等特点，都是通过建立数学模型、创立和使用数学方法、以及借助计算机的计算和控制来实现的。不难看出，上述的数学技术属于一种跨学科的技术领域，它主要涉及以下几个学科和领域：数学各分支特别是计算数学；跟社会、文化、经济等方面相关的各种自然科学和工程技术领域；当然还有计算机和计算机科学。其中，跟社会、文化、经济等方面相关的各种自然科学和工程技术为数学技术提供问题、思路和目标这样一些背景性的素材；数学为将这些问题、思路和目标转化成由数学符号（包括数学图

形)和数字构成的数学模型准备理论工具;计算数学的功能在于为解答数学模型提供确定、可行的方法;计算机科学则研究用自动手段来实现数据处理的方法;最后,计算机运行相应的程序并得到实用的结果。在以上所有环节中,跟人们的思维活动最密切、最直接的是数学和计算。因此,在本书中作为思维技术的一部分,我们乐于采用数学计算技术这一术语来代替数学技术。

9.1.2 数学计算技术的三要素

按照本书对技术的定义,SJJ 也应由三个要素组成:输入,确定的、可行的程序,输出。SJJ 的输入应是对应于某个数学模型的初始数据和符号。由于数学模型是实际问题在数学时空中的投影,这些数据和符号已不是纯数学的无实际意义的数学符号和数字,而具有了实际意义。SJJ 中确定的、可行的程序实际就是依据计算方法编制出的计算程序(它能够在现代的计算机上运行),它的每一步骤都是确定的,并存在相应的计算工具在可行的时间内完成整个程序。SJJ 的输出是一组数据或符号,它们给出相应数学模型的解答,据此可以转换成该数学模型所对应的实际问题的解。

9.2 数学计算技术的历史回顾

数学计算技术这一术语的出现虽是近期的事情,但是其精神实质在数学的起源时期即有所反映。现在我们循着数学发展及计算工具演变的历史,来概述它的几个演化阶段。

9.2.1 数学计算技术的肇始

数学史家的研究表明,数学作为一门独立的学科大约出现在公元前 600 年至前 300 年之间。数的符号、进位记数法和算术运算的出现则要早得多。我们以古巴比伦为例。现存的巴比伦泥版文书(制作的年代大约从公元前 2000 年到前 300 年左右)表明,楔形文字中就有一套记数方法,是 10 进制和 60 进制的混合物:60 以下用 10 进累数制,60 以上用 60 进的位值制。代表 1 和 10 的符号是基本符号。从 1 到 59 的数用基本符号组合而成,它们的加减法只需增加或去掉一些基本符号即可。泥版文书中也有表示要做加法运算还是减法运算的特殊符号。我们可以想像,当一名记账员需要计算两个牧羊人的两群羊的总数时,先要这两个人报上各自的羊数,这就是 SJJ 的输入,然后他按照运算规则在一个数上增加相应的基本符号——确定的、可行的程序——做加法运算,最后得到的数字符号即是 SJJ 的输出。由此他知道了两个牧羊人共有多少只羊。注意,此时跟羊的多寡相应的数学模型就是代表数的符号本身。最原始、最简单的 SJJ 大致如此。此时 SJJ 的载体主要是人,还有泥版文书、纸草文书等。

9.2.2 初等数学时期的 SJJ

初等数学时期亦称常量数学时期，跨越的时代约从公元前 600 年到公元后 15 世纪。这一时期的数学著作已承载着两类不同的数学思维模式，即构造性思维模式和非构造性的公理化思维模式。20 世纪伟大的数学家 H. 外尔（Hermann Weyl）曾撰写论文《数学的思维方式》（参见《数学译林》第一卷第四期，1982，p. 347～359），分析了这两种模式的特点与关系。我们不在这里展开这方面的讨论。我们想要指出的是，构造性思维模式对 SJJ 的发展具有重要作用。所谓构造性思维模式是指对任何对象，都要至少给出一种办法，用符号把它具体构造出来。H. 外尔举了一个例子："符号式构造的最简单、同时在某种意义上也是最深刻的例子，就是我们用来数东西的自然数 1，2，3，…，表示它们最自然的符号是一个接着一个地划道：/，//，///，…。东西可能消散、融化、解冻而消释为露，但是它们的数目却能用符号记录下来。更进一步，我们可以通过一种构造性方法，对于用符号表示的两个数，决定其中哪个大些，也就是对两个符号中的道道进行比较。"这种"比较"的功能是了不起的。外尔说，"这种做法能揭示在直接观察中不易明显察觉的差异；在大多数情况下，直接的观察是无法区别即使是象 21 和 22 这样小的两个数的。"

构造性思维方式在具体的数学内容上的体现，是数学家对算法的追求。初等数学时期代数学的发展（主要是解各种代数方程）充分体现了这种倾向。中国古代数学是这方面的典范。至迟于公元 1 世纪问世的我国古典数学名著《九章算术》中的"方程"章，有解多个未知数的联立一次方程组的消元法：根据实际问题，给出其数学模型——联立一次方程组；针对方程组的系数（可看成 SJJ 的输入），规定对它们进行加减运算的次序（即 SJJ 的程序）；按规定的次序进行运算，最终得到解答（即 SJJ 的输出），从而给出原实际问题的解。除上述算法外，这一时期著名的 SJJ 还有：求两数最大公约数的欧几里得算法（公元前 3 世纪），希腊和中国数学家设计的求圆周率近似值的割圆术（公元前 2 世纪及公元 3 世纪），中国数学家开创的求解不定方程组的大衍求一术以及求解高次代数方程数值解的正负开方术（公元 13 世纪）等等。至于计算工具，当时较流行的是各种算盘。由于造纸术的发达，此时传播 SJJ 的载体中增加了纸质的书籍并逐渐成为主流。

9.2.3 16 世纪至电子计算机问世前的 SJJ

随着 16、17 世纪光学和力学的发展，解析几何和微积分诞生了，数学进入了一个全新的发展阶段，即所谓的变量数学时期。至电子计算机问世前的漫长岁月里，一方面，数学家们在函数逼近法、一般的插值方法和差分方法、高次方程迭代求根法等方面有所成就；另一方面，自 18 世纪后期开始，自然科学出现了众多新的研究领域，如热力学、流体力学、电学、磁学、测地学等，这时实际问题的复杂程度增加

了,跟它们相对应的数学模型大量的是各种类型的微分方程。随之登台了针对这些类型的方程的初值问题和边值问题或混合型问题求数值解的算法。以这些模型、算法为基础的SJJ,由于技术手段和计算工具的限制,其发展比较缓慢,和整个数学的发展不可同日而语。这一时期代表性的计算工具有对数计算尺,以及各类手摇和电动的机械计算机。但这些工具的计算速度缓慢,无法实现当时提出的数学模型及其算法所需的大量计算,从某种程度上遏制了SJJ的进一步发展。

9.2.4 电子计算机诞生后的SJJ

电子计算机诞生前后人们对计算理论的研究,为现代的数学计算技术奠定了理论基础。英国数学家图林(Alan Turing)于1936年发表了著名论文"论可计算数",解决了怎样判断一类数学问题是否机械可解的问题,给可计算性概念下了严格的数学定义。同时,他的"理想计算机"模型从理论上论证了制造通用数字计算机是可行的。第二次世界大战推动了电子计算机的研制,使图林的理论很快变成了现实。20世纪40年代后期,电子计算机的问世给SJJ的快速发展带来了勃勃生机。之后,随着半导体与集成技术的进步,电子计算机朝着运算速度更高、功能更完善的方向大踏步前进,使得越来越多高难度的、大规模的计算问题提上了可待解决的日程。过去根本无法对付的许多非线性微分方程模型,有了计算机的帮助,人们至少能够去计算它们的近似数值解。为了更快、更有效地在计算机上完成对各种模型的计算,计算数学这一数学分支应运而生并迅速发展。此后,计算数学和计算机成为SJJ的两大支柱。广泛开展的针对实际问题的数学建模活动使SJJ如虎添翼,开始把触角伸向人类社会几乎所有的领域。所谓数字化时代的到来,正是这一动向的真实写照。

这里需要提一下科学计算与SJJ的关系。自伽利略、牛顿以来,一般认为推动近代科学发展的是科学理论和科学实验两大手段;20世纪50年代以来又增添了科学计算这一全新的手段,目前已成三足鼎立之势。它们相对独立又互相补充,缺一不可。科学计算实际上就是在计算机上进行数值实验,"在很多基本物理规律业已明确,数学模型业已定型的科学领域中,计算手段所取得的成果,其精确可靠性已经接近、达到或超过实验手段的结果,数值试验还可以直接模拟客观世界的现象与规律。实验手段往往费人、费时、费钱,而且在一些异常条件下进行实验是非常艰难,甚至非常危险的。这时,计算的手段就成为非常关键甚至是唯一可行的办法。"(参见《中国大百科全书·数学卷》,1988. p.354)应该说,科学计算得到的虽是虚拟的结果,但随着计算机科学的进步和计算机功能的不断提升,它们跟现实世界的一致性将越来越好。目前科学计算已成为现代SJJ的重要组成部分。

这一时期的代表性计算工具无疑就是电子计算机了。SJJ的演化跟计算工具变革之间的关系是值得进一步探讨的课题。

9.3 思维技术在密码通信中的作用

本节将通过密码通信方面的几个实例，说明思维技术特别是SJJ在其中所起的关键作用。在9.1中我们曾提到过现代的高技术本质上是数学技术，即我们所谓的SJJ。在9.3.3中，我们将看到现代的高技术产品——公开密钥密码体制，其核心部分确实是SJJ。为了描述方便，我们要使用密码学中的一些专门用语，因此先简单介绍几个常用的密码学术语。

9.3.1 密码学的常用术语

编制密码在人类早期的活动中即有迹可循。据称，密码最原始的雏形是墓碑上的铭文：约四千年前古埃及的有些墓碑上，用一些奇怪的象形符号代替普通的文字，这样通过有意的改变文字的书写方式，以隐去墓主的信息，达到保护坟墓免遭涂碳的目的。文艺复兴时期，欧洲各国在政治、军事和外交领域都在使用密码，重要的信件都采用密写的方式传递。到18世纪，各国普遍建立所谓的“黑屋”，用以截获密写的信件并破译它们，从而获取他国的政治、军事和外交情报。19世纪电报和无线电技术的诞生，推动了现代密码编码学（消息加密）和密码分析学（密码破译）的产生，我们把密码编码学和密码分析学合在一起称为密码学。以下是几个常用密码学术语的通俗解释。

加密：发信方将通信的真实内容隐藏在虚假形式内的过程称为加密。它在现代常用加密算法来实现。

明文：通信的真实内容称为明文。

密文（或密码）：明文经过加密后得到的结果称为密文或密码。

脱密：通信的收信方用已知的方法将密文恢复成明文的过程称为脱密。

破译：第三者截获密文后推断和恢复出该密文所对应的明文的过程称为破译。

密码体制：一种加密算法和实现该算法的设备称为一个密码体制。

密钥：解释这个术语要费些口舌。为了防止经常使用同一种密码体制易被第三者破译的可能，发信方必须经常改变加密算法。但完全改变加密算法需要全新的设备。这样做即不方便也不经济。像20世纪初至50年代末，密码体制一般用复杂的机械和电气设备来实现。20世纪60年代后，密码体制主要用微电子设备来实现。设计制造一套新设备不仅耗费时日，且费用昂贵。于是加密者在设计加密算法时引进几个可变的参数。对同一算法，采用不同的参数可得到不同的加密效果。参数可在一定的范围内变动，选定参数是比较容易的事，被选定的一套参数值就是一把密钥。一旦密钥确定，加密的方式也就确定了。此时，只要发信方和收信方事先约定用哪一把密钥，收信方就能根据已知的加密算法和这把密钥，唯一地将密文脱密为明文。

9.3.2 文字替换密码体制中的思维技术

所谓文字替换密码，是指发信方和收信方按事先约定的符号(包括文字在内)、图形或数字，替换明文中的词语而加密成的密文。它是人们较早使用的一种密码，往往靠人工手段来编制，有时需利用一些简单的设备，如木棒、漏格板和凯撒密码盘等。

我们来看由语言文字技术生成的一段文字，它由若干词汇(输入)按语法规则(程序)得到的一段文字(输出)：不慌不忙走路的人，任何路程都不会是漫长的，耐心地准备上路的人，一定能达到目的地。如要发送这段文字，它就被称为明文。我们使用一块漏格板对此明文加密：

(1) 漏格板是有 6×6 个方格的板子。

如下图所示，但要把图中所有写有“漏格”两字的小方格镂空，这等于在板上开了 9 个窗口。

漏格					
漏格			漏格		漏格
					漏格
	漏格		漏格		
				漏格	
		漏格			

(2) 将漏格板放在纸上，由左向右在窗口处书写明文。

如下图所示，可写出明文的头 9 个字。

不					
慌			不		忙
					走
	路		的		
				人	
		任			

(3) 让漏格板的中心保持不动并顺时针旋转 90°。

请注意此时窗口的位置已改变。我们在这些尚无字出现的窗口处继续写明文：

				何	路
		程			
都					
		不		会	
	是				
			漫	长	

（4）如法炮制，再瞬时针旋转漏格板 90°，并继续填写明文：

			的		
	耐				
		心		地	
准					
备		上			路
					的

（5）第三次瞬时针旋转漏格板 90°，填完明文的最后 9 个字：

	人	一			
				定	
	能		达		
					到
			目		
的	地				

于是，拿走漏格板后在纸上留下了这样一段密文：

不	人	一	的	何	路
慌	耐	程	不	定	忙
都	能	心	达	地	走
准	路	不	的	会	到
备	是	上	目	人	路
的	地	任	漫	长	的

即：不人一的何路慌耐程不定忙都能心达地走准路不的会到备是上目人路的地任漫长的。

收信方在收到密文后，在 6×6 的方格纸上依次写上密文；然后把同样的漏格板放在方格纸上，窗口首先显示出明文的前 9 个字；接着再瞬时针旋转漏格板三次，就可得到全部明文。这就是脱密的方法。

从以上描述能得到哪些启示呢？我们看到的是：在加密需求的刺激下，语言文字技术发生了某种变异。原来由字、词按正常语法规则构成的句子，根据某种确定的操作程序并借助物质工具，产生了一种违反常规的变种，从而达到了保密的要求；这说明语言文字技术在外界环境刺激下能够发生的一种特殊演化。实际上，介入这一演化的因素很多。譬如，上述漏格板的窗口应按什么规则来开呢？从逻辑上分析，如果随意地开窗口，那么在旋转漏格板填字时，很可能在纸的同一位置摞两个字甚至多个字，而在另一些位置上没有填上字。如果窗口的开法能保证每个窗口在每旋转 90°后都不重复，旋转 360°后又都回到开始时的位置，则能避免摞字现象的发生。这从逻辑上指明了开窗口的原则。另一方面，为了让 6×6(＝36)个格子都填上字，而我们知道漏格板经过旋转共存在四种状态，作简单的计算就知道需要开 36/4＝9 个窗口。由此又不难推断，开有不同类型窗口的漏格板共有 4^9 种。这是逻辑思维技术在起作用。

一般地，我们可以用有 $n\times n$ 个格子的漏格板来加密信息。所以明文的变种的数量可以很大。为了弄清其数量级，我们需要用一点数学计算技术。考虑具有 $n\times n$个格子的漏格板，当 n 是偶数时，窗口的开法共有 $4^{\frac{n^2}{4}}$ 种；当 n 很大时，这一变种的数量是很可观的。因此，这类密码体制具有相当的生存能力，不易很快被淘汰。事实也是如此：在计算机出现前，这种密码的破译主要靠人工进行；当 n 较大时，为破译一条密码，所需的工作量非常大，因此经此类密码体制传送的密文很难被及时破译。缺少高速计算机械的环境是它们得以生存的条件。

综上所述，我们看到文字替换密码体制这一技术载体，蕴涵了思维技术中的所有三类子技术，以及像制作漏格板所使用的自然技术等，这些技术在文字替换密码体制中实现了整合。

9.3.3 序列密码体制、公开密钥密码体制与 SJJ

由于计算机的出现，像上述文字替换密码体制便在高速计算机械面前败下阵来，它们所产生的密文极易被第三方破译，因而失去了适宜的生存环境。随着 20 世纪 60 年代微电子技术广泛应用于通讯业，高深的数学知识开始步入密码领域，序列密码体制便破壳而出了。

序列密码体制的工作平台是以下由 0 和 1 两个数字组成的二元字母表：

字母	编码	字母	编码
A	11000	Q	11101
B	10011	R	01010
C	01110	S	10100
D	10010	T	00001
E	10000	U	11100
F	10110	V	01111
G	01011	W	11001
H	00101	X	10111
I	01100	Y	10101
J	11010	Z	10001
K	11110	—	00100
L	01001	/	01000
M	00111	@	00010
N	00110	▼	11011
O	00011	?	00000
P	01101	,	11111

按照表中的对应关系,我们可以用 32 个长为 5 的二元元素来代表 26 个英文字母和 6 个操作符号。这些符号所代表的操作为:"—"是字断,"/"是字母和数字间的转换,"@"是回行,"▼"表示上端,","表示停顿。于是,任何文字信息都可以编成一个二元序列。可以说,这种二元序列就是文字信息的数字模型。例如,good morning 所对应的二元序列是:

01011000110001110010 1000100111000101010001100110000011001011。

其中下划线处 Z 的二元符号 10001 表示词之间的间隔。如要发送 good morning 这条信息,上面的序列便称为*明文二元序列*。如何来为这条信息加密呢?首先,我们要设计一种算法,它可由密钥控制,用以产生一种*无穷*二元序列,不同的密钥产生不同的无穷二元序列。第二步,将明文二元序列和所得到的无穷二元序列用某种方法混合,从而产生供发送用的*密文二元序列*。收信方收到该加密的信息后,用事先约定的密钥由算法产生同样的无穷二元序列,并用一种分离器将此无穷二元序列从密文二元序列中分离出去。这样收信方便得到了明文二元序列,再对照二元字母表立即可知原来的文字信息。在整个加密和脱密过程中,密钥起着特殊重要的作用。密钥本身是一种无穷递归的周期二元序列,它的设计要用到比较高深的数学知识和 SJJ,这里不作详论。由于序列密码体制中的密钥的数量非常之大,

即使利用高速电子计算机，破译工作仍然十分困难，而且即使编制密码的密码机丢失（相当于丢失了算法），只要保守好密钥的秘密，这种序列密码体制仍是相当安全的。

由文字替换密码体制向序列密码体制的演化，有两个因素起了关键作用。一是环境变化使原有的密码体制（像生物进化中的一种物种）丧失了生存条件，因而它们被逐渐淘汰。二是微电子技术和 SJJ 的结合产生了新的技术糜母。后者可以看成是原有的技术糜母（漏格板制作技术和语言文字技术相结合而成），在环境的刺激下发生突变而生成的。

密码体制并未止步于序列密码体制，因为社会在不断地产生需求刺激：随着经济活动的数量和范围极度扩展，要求对信息加密的行业越来越多，人们需要一种更方便也更安全的密码体制。上面提到，序列密码体制在丢失密码机的情况下仍然安全，即是说加密算法本质上可以公开。但通信双方约定的密钥需绝对保密，这给双方的加密和脱密工作带来了极大的约束。1976 年有两位科学家提出了全新的**公开密钥密码体制**的设计思想，它的特点是加密算法及加密密钥跟脱密算法及脱密密钥应是不同的。此时，不仅可以公开加密算法，而且可以公开加密密钥，这给使用者带来了极大的方便。它的运行过程如下：

① 想使用这种体制的用户先申请一个加密密钥，这种加密密钥是公开的，刊登在一本使用手册上；

② 当任何人（发信方）想把一份信息发给该手册上具名的人（收信方），只要按此人的加密密钥将信息加密后发送给他；

③ 收信方用自己特有的、对外绝对保密的解密密钥即可将收到的密文脱密。

1978 年开始出现了实用的公开密钥密码体制。著名的有 RSA 体制（以三位发明者姓氏的首字母命名）。它不但使用方便，而且非常安全。其安全性主要跟数论中的大数分解有关。对于每一位通信者，需要选定两个不同的大素数 P 和 Q（所谓“大”是指大约 100 位的数）。现在已有一些数学方法，可利用高速计算机在很短的时间内（几秒钟）判定大到 100 位的数是否是素数。因此这件事是比较容易办到的。加密密钥中有这两个素数的乘积 N 的信息。由于加密密钥是公开的，所以想要获取通信信息的第三方可以知道 N。但是目前还不存在有效地将大数分解为素数的算法，因此第三方无法由 N 找出 P 和 Q，因而不可能得到跟这些素数有关的脱密密钥。所以在目前的计算环境下，公开密钥密码体制是相当安全的。不难看出，公开密钥密码体制之所以能安全地运行，关键正在于有了判定大数是否为素数的 SJJ。我们还要指出，一旦有了大数分解的有效算法，RSA 体制又将退出历史舞台，让位于密码的新变种。这说明不仅现存的密码体制这一高技术的核心是 SJJ，它的消亡也将取决于 SJJ 的发展。

（以上有关密码学和各种密码体制的知识，引自万哲先、刘木兰著的《谈谈密码》，人民教育出版社，1987）

9.3.4 结语

SJJ 目前正处于蓬勃发展的时期，它所介入的领域遍及社会、经济、军事、科研及技术的方方面面。以上我们通过它在密码体制方面的作用，管中窥豹，可见一斑。它对人类社会的影响，从一些大学新开设的一个数学专业似可见微知著。该专业的名称是：Technomathematics，直译为“技术数学专业”。该专业开设的课程跟传统数学系的课程有很大的差别。以德国克劳斯塔尔技术大学的技术数学专业的课程设置为例，其基础课（延续四个学期）有：分析学、线性代数和解析几何、数值数学、数据处理基础、程序设计原理、计算机构造、技术力学基础、流体力学和电子工程。专业课（延续五个学期）由学生根据其专业取向选择。选择的范围很广，包括数学和计算机科学方面的科目，但学生必须在工程科学方面选定一个专业领域，譬如可选择应用力学，机械工程，工艺过程管理、系统工程或电气工程等领域之一。该专业的学生毕业后主要在技术部门工作。设置这一专业的初衷很简单：许多仅用传统数学看似无法解决的技术问题，利用数学模型＋数值计算方法＋计算机程序＋计算机运算（即 SJJ），便能在短时间内解决。所以培养能掌握现有 SJJ 并能开发新的 SJJ 的人才便成为一种强大的社会需求。当社会上逐渐形成强大的技术数学家群体时，SJJ 可能将和另两类思维技术一起，成为影响整个技术系统演化的主导因素。

金吾伦

10. 复杂系统技术

我们越来越意识到，复杂系统理论正在成为一个热门的话题，已引起社会各界的广泛重视，以致要求我们不能不对其给予足够的关注。尽管我们对它还没有充分的理解和把握，但我们深信，它对技术的未来发展必将具有其重要的意义。为此，我们将复杂系统技术的讨论纳入我们的“技术系统”的研究之中，成为其中的一个组成部分，而且我们还相信，复杂系统中肯定还存在除了我们通常所考虑到的科学类推之外的特殊技术。

10.1 复杂性的涵义

复杂性是什么？这个问题已经有许多文献作了讨论。

吴彤说，“复杂性”一词在“20 世纪 70 年代以前，它是‘无法认识’和‘难以处理’的代名词。”而“目前已知最少有 30 种以上‘复杂性’概念如计算复杂性、语法复杂性、生态复杂性、演化复杂性等。”所以，他认为，复杂性，“已经不是一个定义，而是一个各种意义的家族。”吴彤自己讨论了三种复杂性：结构复杂性、边界复杂性和运动复杂性，统称“客观复杂性。”①

苗东升在以“什么是复杂性？”的标题下说：“据劳埃德统计，复杂性的定义已有 45 种，实际不止于此。复杂性是现代科学面对的最复杂的概念，复杂性要是轻而易举就能给出统一定义，便不成其为复杂性了。”②

苗东升的前一段引自约翰·霍根的《科学的终结》③，后面一段似乎有点情绪化。按这句话的理解，复杂性就是不能“轻而易举就能给出统一定义”的东西。按此说法，简单性是最能给出统一定义的，否则就不成其为简单性了。这显然是一种误解。无论对科学家和哲学家来说，使科学概念尽量明晰清楚，并寻求一个统一的定义是责无旁贷的，否则我们有可能落入霍根的陷阱中。

霍根说：“复杂性也有其他许多定义……这些问题揭示了一个令人尴尬的事实，即从某种媚俗的意义上说，复杂性存在于观察者的眼光里（好比色情描写）。”④括号中的话用中国话说就是“情人眼里出西施”或“月下看情人”。霍根的意思是，

① 吴彤，科学哲学视野中的客观复杂性，系统辩证学学报，2001 年第 4 期第 44～47 页。

② 苗东升，复杂性研究的现状与展望，系统辩证学学报，2001 年第 4 期第 7 页。

③ ［美］约翰·霍根著，科学的终结，远方出版社，1997 年，第 329 页注释 11。

④ 同上，第 293 页。

事情到了这一步，也就不成为科学了。

我们同意戴汝为先生在《复杂性研究文集》前言中的说法："对于复杂性研究这类还处于萌芽状态的科学，一开始就建立严格的定义，对敞开思想，有所创新不见得有积极的作用，……为了对各领域所做的贡献不加以人为的约束，对被邀请撰稿的专家来说，复杂性的含义指的是他们在本学科中所确定的含义，并不强求大家所认可；……"[①]在这里，戴先生使用的是权宜之计，是对复杂性研究的开放性，而决不意味着对其"统一定义"作未来探索的限制。

事实上，1999 年 4 月 2 日，《科学》(SCIENCE) 的《复杂性系统》专辑的两位编者理查德·盖拉吉赫尔(Richard Gallagher)和第姆·阿彭齐勒(Tim Appenzeller)所写的"超越还原论"一文中说："我们渴望避开语义上的争议，采用了一个'复杂系统'的词，代表那些对组成部分的理解不能解释其全部性质的系统之一。"[②]这句话虽然不是严格的定义，但它给"复杂系统"一个统一的说法。

鲁曼(Luhmann, N.)指出，关于复杂性到目前为止，无论在定性和定量方面都还没有一个概念明确的定义，但这决不意味着放弃对此作进一步的探索。而且事实上人们还在不断进行探索。鲁曼于 1985 年提出了一个工作定义，该定义说："复杂性要求在一个系统中，存在着比能够实现的有着更多的可能性。"[③]

拉宾·伍德(Robin Wood) 在讨论"什么是复杂性?"(What is Complexity?)时提出："复杂性是用来指涉一类科学学科的术语，所有这些学科都关注寻找行为或现象之间集合的模式。"(Complexity is a term used to refer to a collection of scientific disciplines ,all of which concerned with finding patterns among collections of behavious or phenomena[④]。)这意味着复杂性科学是研究系统的行为或现象模式的科学。

以上这些关于复杂性概念的解释，严格说来，都不能称为对复杂性的定义。这里只是要强调一点：不要放弃关于复杂性的"统一定义"的追求！

为了弄清复杂性的涵义，对以下几个关系进行讨论是必要的，这就是：简单和复杂，复杂(complex)和混杂(complicated)，整体和还原，复杂性和混沌，生成和构成。下面我们分别简要讨论这几个关系。

10.1.1 简单和复杂

毫无疑问，事物及对其的认识具有相对性：一方面简单与复杂之间具有相对性；另一方面，区别事物及其属性总还是有界限的，是有度的，全然没有界线，把相对性绝对化，取消了事物及其属性间的区别，就无法对事物有正确的认识。

---

① 戴汝为主编，复杂性研究文集，中科院自动化所复杂系统与智能科学实验室编译，1999 年，前言。

② 同上。

③ Luhmann N. , A Sociological Theory of Law, London:Routledge and Kegan Paul 1985, p. 25.

④ Robin Wood, Managing Complexity, Profile Books Ltd 2000, p. 1

简单和复杂间的关系也同样如此。虽然它们之间具有相对性，但还是有限度、有界线，并有区别标准的。那么，用什么来区别简单与复杂？

一种通常的观点是用线性或非线性来区分简单系统与复杂系统：线性系统是简单系统，而非线性系统是复杂系统。按这种区分标准，复杂系统就是那种"非线性反馈"系统。"打开系统的一把钥匙是非线性反馈"，"非线性反馈会把最简单的活动转化为焰火呈现的复杂花样[①]。

10.1.2 复杂与混杂

我们把 complicated 译为混杂，也可以译成复合。它与复杂"complex"有本质的不同。前已表述，复杂系统是由非线性关系和反馈环的错综集合所构成的，而混杂系统虽然可能由非常大量的组分并执行繁复的任务，但可以用一种方式加以准确地分析，或可以用其组分加以完整地描述。这种系统不是复杂系统，而是混杂系统或复合系统。复合系统的诸组分之间不存在相互作用，如喷气式飞机是由各部件构成的。而复杂系统是大量独立因素进行着多种相互作用，系统与环境间也存在着相互作用，如一堆沙丘；有的只存在机械相互作用，系统作为一个整体，不可能通过分析其组分而获得对其整体的完备认识，更重要的是，这些关系是不固定的常常是作为一种自组织的结果发生转移和变化的，并由此导致新的特点，即突现的性质。保罗·赛利尔斯（Paul Cilleiers ）对此作了讨论[②]。我们认为，复杂系统是一种自组织系统，是不可拆分为"零部件"的有机系统，如生命系统。

10.1.3 整体与还原

用整体和还原来区别是否是复杂系统：一个复杂系统的性质是不能还原为其组成要素性质之和的。新的进展表明，复杂性科学"正在作出从定量的还原论向定性的动力学整体观转变。"[③]"在我们这个复杂世界中，旧的社会等级系统和还原论的控制结构行不通了。"[④]还原论方法及复杂性问题已无能为力了。钱学森甚至强调，"凡不能用还原论方法处理而需要用新的科学方法研究的问题，都是复杂性问题。"[⑤]

10.1.4 复杂性与混沌

人们常把复杂性与混沌问题混为一谈论，保罗·塞拉斯提出要区分复杂性与混沌理论间的关系。他承认，混沌理论对复杂性研究会有贡献，但这种贡献极为有

---

① ［美］J. 布里格斯、F. D. 皮特著，刘华杰、潘涛译，湍鉴——浑沌理论与整体性科学导引，商务印书馆，1998 年，第 324 页。

② Paul Cilleiers, Complexity and postmodernism, pp. 3～4.

③ ［美］J. 布里格斯、F. D. 皮特著，湍鉴，第 326 页。

④ 同上书，第 330 页。

⑤ 于景元，关于复杂性研究，复杂性研究，科学出版社，1993 年，第 33 页。

限。例如,在混沌理论中,对初始条件的敏感依赖性是一个重要问题,但在复杂系统的分析中,似乎就不是那么重要了,恰恰相反,不是敏感依赖性而是鲁棒性(robust)起重要作用。所谓鲁棒性是指复杂系统在不同条件下以相同方式运作的能力,以保证系统的稳定和生存。

复杂性与混沌的区别还在于,在确定性混沌中的混沌行为是由相对少量方程的非线性相互作用造成的结果。而在复杂系统中,则总是有巨大数量的相互作用存在。

鉴于这些区别,塞拉斯认为,当描述一个系统不同状态的过渡时,使用"自组织临界性"(self-organised criticality)概念比用混沌理论中的蝴蝶效应隐喻更为合适[①]。

刘式达对鲁棒性作了这样的描述:"现在的计算机是串行结构,计算机坏了一个元件就不能用了,编错一个程序计算机就不为你计算了。但人脑是并行运行的,头痛,碰撞可能使脑子坏了好多元件,但是,人脑照样可以判断事物(事理)。亚运会的大型团体操,其中若有一两个人动作不对,并不影响整个图像的宏观美丽。鲁棒性是和耗散性(dissipation)相联系的,耗散性把初始信息全部抛掉,因此任何随机扰动才能不影响鲁棒性。"[②]程代展,洪奕元指出,鲁棒分析的方法是针对当参数在一个小范围变动时,"系统的某个特定品质具有不变性的特性。"以上说明复杂系统的鲁棒性与混沌理论中的蝴蝶效应不同,因而复杂系统与混沌也不可混同。

10.1.5 生成和构成

按照生成论者的观点,复杂系统是生成系统,反过来也一样,生成系统必定是复杂系统。简单系统是构成系统,也可能是复合系统或混杂系统,而复合系统可以归入简单系统。

由此,我们可以用生成来作为一个区分简单系统和复杂系统的判别标准。用这个标准,构成系统是简单系统,混杂系统,是可还原的系统,它们都不是复杂系统。

关于什么是构成系统,什么是生成系统? 金吾伦已在《生成哲学》一书中说明了,在此不赘述,有兴趣的读者请看《生成哲学》[③]。

与复杂性涵义有关的问题还有很多,例如徐京华早在1991年就有关复杂性问题提出过这样的问题:"什么叫做复杂,它和大小有关吗? 它和多少有关吗? 能不能给个定义或给个度量?"他回答说:"大小与复杂并没有简单的关系,长城是个庞然大物,但它比一个草履虫更简单,描述一升空气的动力学行为比经典力学中的三十个粒子的动力学也要简单得多,所以也不是多少的问题。"[④]同时,复杂性与有序有关,但"有序不一定复杂,复杂不一定就是无序。"

---

① Paul Cilleiers, Complexity and postmodernism.

② 刘式达,关于复杂性的几点认识,复杂性研究,科学出版社,1993年,第65~66页。

③ 金吾伦,生成哲学,河北大学出版社,2000年。

④ 中国科学院《复杂性研究》编委会编,徐京华,生物学的复杂性,复杂性研究,科学出版社,1993年。

10.2 复杂系统的特征

复杂系统通常是与生命物体相联系的系统，但也存在大量的非生命复杂系统。复杂系统是大量独立因素在许多方面进行相互作用的系统，如细菌、大脑、神经系统、社会系统、语言等等。复杂系统的特征有不同的表达，以下我们介绍几种观点。

A. 第一种观点是复杂系统的四特征说

按此观点，复杂系统有以下四个特征：

(1) 存在着无穷无尽的相互作用，这些相互作用使每个系统作为一个整体产生出自发性的自组织。

一组组单个的动因在寻求相互适应与自我延续中或这样或那样地超越自己，从而获得了生命、思想、目的这些作为单个的动因永远不可能具有的集成的特征。

(2) 这些复杂的、具有自组织性的系统是可以自我调整的。

在这种自我调整中，复杂系统能积极试图将所发生的一切都转变为对自己有利。物种为在不断变化的环境中更好地生存和演化，市场对消费者口味和生活方式的变化，各国对移民、技术发展、原材料价格的变化和其他因素变化不断地作出反应和加以调整。人类在组织管理方面，也因应环境的变化而不断地作出调整，不断地演变。有人称这种复杂系统的自我调整能力为具有智能。

(3) 一个这样自组织、自调整的复杂系统都具有某种动力。

复杂系统具有将秩序和混沌融入某种特殊的平衡的能力，即：使它处于“混沌的边缘”的能力，它使一个系统中的各种因素永不真正静止在某一个状态中，但也没有动荡至解体的那种地步，即它处于混沌和有序（浑序）状态。这便是复杂系统能够自发地调整存活的地带①。

(4) 复杂系统在方法论上是针对还原论的。

研究复杂系统的科学家们逐渐意识到，在过去的 300 年中，科学家们所采用的技术方案都是想方设法把完整的东西拆分，把它们拆解成分子、原子、质子、中子和夸克，即所谓“拆零”，以此寻求宇宙的规律。这种方法就是还原论的方法，这种技巧就是还原论技巧。

“还原论本质上是钟表匠的自然观。一只钟表可以拆散成各个组成部件：嵌齿、擒纵杆、弹簧和齿轮。还可以用这些部件把它装配起来。还原论设想，大自然同样可以组装和拆散。还原论者认为，最复杂的系统也是由弹簧、嵌齿和擒纵杆的

① [美]米歇尔·沃尔德罗普著，陈玲译，复杂：诞生于秩序与混沌边缘的科学，生活 读书 新知三联书店，1997 年，第 4～5 页。

原子、亚原子这些等价物,经大自然以无限精致的方式组合起来的。"[①]"人类把自身视为遵从无差别普适定律的粒子的一种不可几碰撞的产物。人类被废黜做诸神的子孙,有重新自封为关于那些定律之知识的拥有者。人们设想,知道了这些定律,就可以越来越有把握地学会预测和控制困扰复杂系统的 。"科学家死守着这种还原论教条的壁垒,直到复杂系统研究的科学家们的工作逐渐被攻破,他们才开始把还原论者的工作程序颠倒过来了。"他们开始研究这些东西是如何融合在一起,形成一个复杂的整体,而不再去把它们拆解为尽可能简单的东西来分析了"。这是一种科学研究基础的转变,同时也意味着技术路线的转变。

B. 复杂系统的五特征说

(1) 自组织。

所有生命系统都是自组织的,而且以同等的力量扩展到社会和经济界。在组织内自组织以许多不同的方式存在。例如对咖啡机或水分发机(dispenser)所发生的问题的思考。有一些非正式的流言蜚语、小道消息和信息共享,它能使诸关系产生不同可能的组合,而突现在非正式的相互作用期间发生共同影响。在经理们中间,在实验室或甚至在饭桌上新思想的突现也可作为如是观:它们从已存在的知识和关系的富汤内自组织出来,而且不可能以任何形式的方式编程。

(2) 创造性。

从一个网络的诸组分相互作用中能够突现出许多惊奇的特征,而这些特征又不是组分本身的特征。例如在人类的层次上,一个团体的合作所产生的结果,不可能通过所包含的诸个体行为的简单加和来预言,正如大脑中数以亿计的神经元相互作用的结果产生意识,意识不是这些神经元本身的一种性质。

(3) 非线性。

小原因可以在人类系统中产生大结果。"蝴蝶效应"(巴西一只蝴蝶翅膀的煽动能够改变德克萨斯的气候状况)是一个众所周知的混沌理论的例子,而非线性效应在人类事物中同样能清楚地看到。例如,1997 年底,泰国股市的极小崩溃导致了其后几个月的亚洲经济危机,以至几乎导致俄国经济的崩溃。在个人关系中,在不当的时间使用不当的语言能够导致人际关系的恶化或友谊的中断——小原因造成大结果。

(4) 记忆。

复杂系统具有记忆功能。这种记忆不局限在特殊地方而分布于全系统。任何复杂系统都具有历史,这对整个系统的行为是决定性的。

(5) 适应性。

复杂适应系统能重组它们的内部结构而不受外部作用的干扰或对外部作用干扰作出响应。这种前适应或适应有可能使系统具有在它的生态系统和环境条件改

① [美]J. 布里格斯、F. D. 皮特著,刘华杰、潘涛译,湍鉴,商务印书馆,1998 年,第 20 页。

变时继续生存的高度可能性，它也是无意识学习的结果[①]。

C. 复杂系统的十特征说

这是由保罗·赛利尔斯概括出的复杂系统的十大特征。

(1) 包含数量巨大的要素。

当数目达到足够大时，惯常的手段（例如，一个微分方程系统）不仅不可行，而且它们已阻止了对系统的任何理解。

(2) 大量的元素是必要的，但不是充分的。

海滩上的一堆沙粒不能作为一个复杂系统使我们感兴趣。为了构成一个复杂系统，元素之间必须相互作用，而且这种相互作用必定是动态的。复杂系统随时间而变化。相互作用并非必须是物理的；它们也能被设想成是信息的转移。

(3) 相互作用是富有的。

即系统中的任何元素都或多或少影响其他元素并受它们的影响。然而，复杂系统由大量元素构成。当数目相对少时，元素的行为常常能够用惯常的术语进行描述，而不是由与特殊元素有关的相互作用的精确数量决定的。如果系统中存在有足够的元素（其中有些过剩了），那么较少相关数目的元素能够执行与较多相关数目元素同样的功能。

(4) 相互作用本身具有许多重要的特征。

首先，相互作用一般是非线性的。由线性元素构成的大系统通常能坍缩成一个非常小的等价系统。非线性还担保了小原因能有大结果，反之亦然。这是复杂的前定条件(precondition)。

(5) 相互作用通常是短程的，即主要从直接邻接处获得信息。

长程相互作用不是不可能，但实际的制约因素通常可以认为不可能。这并不排除广泛范围的影响——由于相互作用很多，从一个元素到另元素的路程常常在几步之后就被遮盖。结果，影响随途径而变。它能以多种方式提升、压制或改变。

(6) 存在着诸多相互作用的环，任何活动的效应都能反馈到其自身。

有时直接，有时在许多干涉步骤之后。这种反馈可以是正的（提升、促进）或是负的（减损、抑制）。这两种类型的反馈都是必要的。复杂系统这一方面的技术术语便是回归(recurrency)。

(7) 复杂系统通常是开放系统，即它们与它们的环境相互作用。

实际上，要定义复杂系统的边界常常是很困难的。代替系统本身的一个特征是，系统的范围通常是由对系统作描述的目的来加以确定，并且因此而常受观察者所持立场的影响。这个过程称之为拟构(framing)。封闭系统则通常是单纯的复合。

(8) 复杂系统都是在远离平衡的条件下运作。

① Robin Wood, Managing Complexity ,Profile Book Ltd 2000,pp34～35.

它必定存在一种恒定的能量流以保持系统的组织性并保证其生存。平衡是死亡的另一种说法。

(9) 复杂系统具有历史。

它们不仅随时间而演变,而且它们的过去是它们当下行为的共同负责者(co-responsibe)对复杂系统做任何分析,如果忽略时间维度,都是不完备的,或者充其量只是历史进程的一张无时间的快照。

(10) 系统中的一个元素对系统整体的行为都可略而不计。

它只对其局部有效的信息作回应。这一点至关重要。如果每个元素都"知道"作为一个整体的系统正在发生什么,那么,复杂性的一切都必定将体现在那个元素中。这就会要么推出在单一元素并没有必然能力(necessary capacity)意义上的物理不可能性(physical impossibility),要么在整体的"意识"被包含在一个特定单元内的意义上构成一种形而上学运动(a metaphysical move)。复杂性是简单元素丰富相互作用的结果,它只是存在于对其中的每一个有限信息作回应。当我们看到作为一个整体的复杂系统的行为时,我们的目光是从系统内个体元素转移到系统的复杂结构上。复杂性是作为元素之间相互作用模式(patterns)的结果显现出来[①]。

复杂系统的这些特征只能使我们用定性方式谈论复杂性,对它作定量的深人了解,人们正在努力之中。

10.3 各领域中的复杂性

复杂性已在各领域中得到研究。但复杂性研究并非自今日始。按照美国科学家、人工智能的先驱者西蒙(H. Simon)的看法,复杂性研究已经历了几次热潮,它们依次是:

第一次世界大战后,关注的是整体论(holism)、格式塔理论(gestalts)以及创造性的演化(creative evolution);

第二次世界大战后,热点问题是信息论(information)、一般系统论(general systems);最近这一波复杂性研究热潮关注的是混沌理论(chaos theory)、自适应系统(adaptive systems)、遗传算法(genetic algorithms)以及元胞自动机(cellular automata)等[②]。

信息论的代表人物是申农和维纳,一般系统代表人物是路德维希·冯·贝塔朗菲。贝塔朗菲 1928 年在其毕业论文中将生物机体作为系统加以描述[③];1949 年以《生物学世界观——自然的和科学的生命观》为书名的德文版问世。贝塔朗菲在

---

① Paul Cilleiers ,Complexity and Post-modernism:understanding complex systems,pp. 3~4.

② 周登勇,国内外有关复杂性研究的一些情况,复杂性研究文集,1999 年,第 106 页。

③ George A Cowan ,Conference Opening Remarks,Complexity :Metaphors, Models, and Reality,Addison-Wesley. 1994. p2.

书中既批评了机械论的生命观，又批评了活力论生命观，提出了机体论生命观。

机体论生命观认为，机械论生命观主要表现为“分析与累加”的观点、“机器理论”的观点、“反应理论”的观点，其特征是：把有机体分析为许多基本单位，再通过将这些基本单位累加的方式解释有机体的性质；把生命过程的有序基础视为预先建立好的机器式的固定结构；把有机体看作本质上是被动的系统，只有当它受到外界刺激才作出反应，否则就是静止的。他详细分析了这些机械论观点在近现代生物学的具体表现，尤其指出了传统的细胞理论、生物发生律、自然选择理论、基因论、神经中枢和反射理论等重要生物学理论所内含的机械论和它们的局限性。

同时，贝塔朗菲认为，活力论是由于机械论未能解释生命的主要特征而出现的另一极端思想，但它本质上仍把活机体看作各个部分的总和，看作机器式的结构，设想它们是由灵魂似的操纵者控制的，从而对生命现象的解释同样陷入困境。

贝塔朗菲根据生命有机体的等级秩序、逐渐分异与逐渐集中化、均等潜能与等终局性、动态有序、远离平衡态的开放系统、自我调整、节律—自动活动等特征，提出了机体论的基本原理：整体原理（组织原理）、动态原理、自主原理。这些原理表明：有机体是一个独特的组织系统，其个别部分和个别事件是受整体条件的制约，遵循系统规律；有机体结构产生于连续流动的过程，具有调整和适应能力；有机体是一个原本具有自主活动能力的系统[①]。贝塔朗菲的一般系统论批判了还原论，唤起了人们对复杂性研究的兴趣。

次后的复杂性研究前沿阵地是美国新墨西哥州的圣塔菲研究所。乔治 A. 柯文（George A. Cowan），是该所的第一任所长，也是“最早预见了复杂性科学”的人[②]。他与派尼斯（Davia Pines）、梅尔茨（David Meltzey）合作主编的书《复杂性：隐喻、模型和实在》出版于 1994 年。圣塔菲研究所聚集了一大批优秀的科学家。除了诺贝尔奖获得者盖尔曼、安德森外，还有约翰·霍兰（John Holland）、斯泰特·考夫曼（Stuart Kauffnian）、克利斯托夫·朗顿（Chrstopher Langton）、约翰 L. 卡斯蒂（John L Casti）、经济学家阿瑟（Brian Authur）等。

复杂性研究分布在各个领域。大致上，我们可以看到以下领域是复杂性研究最活跃的领域。

（1）生物学领域。

生物学家已经开始探索一个最根本的奥秘：上千万亿脱氧核糖核酸分子是怎样使自己组合成一个能够移动、反馈和繁殖的整体生物学家致力于生命系统复杂性的探索。

（2）脑科学领域。

神经学家正在努力探索心智的本质：我们那个只有 3 磅重的大脑里几百亿稠

---

① [奥]路德维希·冯·贝塔朗菲著，吴晓江译，生命问题——现代生物学思想评价，商务印书馆，1998 年，译者前言。

② [美]米歇尔·沃尔德罗普著，复杂，三联书店，1998 年，第 472 页。

密而相关联的神经细胞是如何产生感情、思想、目的和意识的?

科学家们预言,21世纪将是脑科学时代。人类大脑至今仍是一个谜。虽然只有1.5公斤,但却由140亿个神经细胞组成的大脑是人体最复杂的部分,也是宇宙中已知的最为复杂的组织结构。大脑是人体的神经中枢,人体的一切生理活动都是由大脑支配和指挥的。大脑的复杂性,还在于神经细胞在形状和功能上的多样性,以及神经细胞结构和分子组成的千差万别。

关于大脑功能的研究,已经成为现代科学最深奥的课题,也是最难攻克的科学堡垒。为了探索人脑奥秘,攻克各种疾病,开发人工智能技术,欧美等国家纷纷制定了脑科学研究的长远计划,并宣布21世纪是"脑科学时代"。在我国,脑功能研究列入了重大基础科学研究——"攀登计划"。科学家们预言,脑科学将在21世纪自然科学中占据特别重要的地位。

神经科学的发展已揭示出,大脑是复杂适应系统的体现,"即使是'简单'的神经系统也具有令人吃惊的复杂性。这一点反映在它们的功能、进化历史、结构以及用来表示信息的编码策略上。"[①]

(3) 混沌的数学理论。

无数碎片形成的复杂美感以及固体和液体的内部的怪异运动,揭示蕴藏于其中的一个深奥的谜:为什么受简单规律支配的简单粒子有时会产生令人震惊的、完全无法预测的行为?为什么简单的粒子会自动地自己组成像星球、银河、雪片、飓风这样的复杂结构——好像在服从一种对组织和秩序的隐匿的向往[②]?

(4) 数字与计算机领域。

科学家们深入探究后发现了"非线性妖魔"这个妖魔"打碎了还原论者的迷梦"。与之相伴随的是对反馈概念的认识,并进而推动了复杂性科学的发展[③]。

(5) 经济学领域。

例如布赖恩·阿瑟打破了传统经济学家的市场稳定和供求均衡论,提出了报酬递增率。阿瑟相信,未来经济学领域,经济学家将与物理学家、生物学家共同致力于对这个杂乱无序、充满剧变、自发性和自组织的世界进行理论。经济学正在迈向复杂性,或者说,复杂性科学和技术正在进军经济学。

(6) 组织管理领域。

有学者指出,复杂性理论已被广泛地应用于组织管理的各种领域,各种复杂性方法已在实践中被采用[④]。复杂性科学应用于管理,有时被称为"以复杂性为基础的管理方法"(complexity based approaches to management),有时干脆被称作"复

---

① 戴汝为主编,复杂性研究文集,1999年,第36页。

② 沃尔德罗普著,复杂,三联书店,1998年,第3页。

③ [美]J. 布里格斯.F. D. 皮特著,刘华杰、潘涛译,湍鉴——混沌理论与整体性科学,商务印书馆,1998年,第26~31页。

④ [英]Robin Wood ,Managing Complexity ,Profile ,Book,2000,pp,65~67.

杂性管理"(complex management)[①]

国外复杂性研究已经观点纷呈,学派林立。戴汝为经对美国复杂性研究的考察后概括为以下五个学派[②]:

名　称	形　式	代表者	复杂性所在
比喻与算法为基础			
系统动力学	常微分方程	Forrester, Dennis Meadows, Peter Senge 及 MIT 的其他学者	复杂性在系统之中
混沌理论	非线性常微分方程	一些小的团体	
自适应系统理论	偏微分方程	Santa Fe Institute 为代表	
结构为基础的研究	西方形式逻辑,包括集合论,关系理论,双向图理论,布尔方法等	Pirce, Piaget, Polanyi, Vickers 及 Warfield	复杂性在人的脑中
Indifference 学科交叉	无	一些零散的团体	未确定

从上面的表中可看出,五个学派可分为两个不同侧面:一个以"比喻算法为基础",一个以"结构为基础"。这两方面的代表可以认为分别是圣塔菲研究所与乔治·梅森大学。不过,研究复杂性管理的人既有主张"以系统动力学为基础的",如彼得·圣吉(Peter Senge),也有乔治· 梅森大学"以结构为基础"的学者。

10.4 复杂系统技术的应用

10.4.1 开放的复杂巨系统方法的应用

对中国学者来说,最熟知的复杂系统技术就是以钱学森为首所倡导的"开放的复杂巨系统" 的方法,即定性与定量相结合的综合集成方法。这种方法"实践已经证明,现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统(包括社会系统)的方法",我们这里称为"复杂系统技术"。

钱学森、于景元、戴汝为等指出,"这种方法是在以下三个复杂巨系统研究实践的基础上,提炼,概括和抽象出来的",这就是:

① 社会系统中,由几百个或上千个变量所描述的定性定量相结合的系统工程技术,对社会经济系统的研究和应用;

② 在人体系统中,把生理学、心理学、西医、中医和传统医学以及气功、人体特异功能等综合起来的研究;

③ 在地理系统中,用生态系统和环境保护以及区域规划等综合探讨地理科学

① Mark W. McElroy, Journal of Knowledge , Vol, 4, No, 3, 2000, p196.

② 戴汝为主编,复杂性研究文集,1999 年,第 106 页。

的工作。在这些研究和应用中，通常是科学理论、经验知识和专家判断力相结合，提出经验性假设（判断或猜想）；而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明，往往是定性的认识，但可用经验性数据和资料以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测；而这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上，经过定量计算，通过反复对比，是从定性上升到定量的认识。

从上所述，定性定量相结合的综合集成方法，就其实质而言，是将专家群体（各种有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来。这三者本身也构成了一个系统。这个方法的成功应用，就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势①。

这种方法、这种技术是从"对复杂巨系统研究实践的基础上、提炼、概括和抽象出来的，"但它又可以用来解决开放复杂巨系统的问题，即复杂系统技术的应用。

戴汝为在介绍这种方法、这种技术的应用时指出：将专家群体（各方面有关的专家）、数据和各种信息与计算技术有机地结合起来，把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来，这三者本身也构成一个系统。这个方法的成功应用就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势。

用综合集成法解决开放复杂巨系统的问题，大致可分为以下步骤：

① 明确任务、目的是什么？

② 尽可能多地请有关专家提意见和建议。专家的意见是一种定性的认识，肯定不完全一样。此外，还要搜集大量的有关文献资料，认真地了解情况；

③ 通过上述两个步骤，有了定性的认识，在此基础上建立一个系统模型。建立模型的过程中必须与实际调查数据结合起来，统计数据有多少就需要多少个参数。然后用计算机进行建模的工作；

④ 模型建立后，通过计算机运行得出结果，但结果的可靠性如何，需要把专家请来，对结果反复进行检验、修改，直到专家认为满意时，这个模型才算完成。

这个方法综合了许多专家的意见和大量书本资料的内容，不是某一个专家的意见，而是专家群体的意见，是把定性的、不全面的感性认识加以综合集成，达到定量的认识。这里充分强调了人的作用及经验知识的重要性，主张人与计算机结合起来②。

成思危充分肯定了"定性定量相结合的综合方法是研究开发的复杂巨系统的有效方法。"③他提议，为了在软科学研究中更好地运用综合集成方法，需要认真研究解决以下几项关键技术。

(1) 定性变量及其相互关系的量化技术。

在软科学研究中经常会遇到一些定性的随机变量（简称定性变量），这类变量的

---

① 钱学森、于景元、戴汝为，一个科学新领域——开发的复杂巨系统及其方法论，自然杂志，1990年第1期；新华文摘，1990年，第5期。

② 戴汝为，从定性到定量的综合集成(Metasynthesis)——开放的复杂系统的方法论，来自科学前沿的报告，清华大学出版社，1996年。

③ 成思危，论软科学研究中的综合集成方法，中国软科学，1997年，第3期，第72页。

特点是它们的状态不能直接用数值来表示,例如社会制度、运输方式、灾害的严重程度、群众的满意程度等等。这些变量之间的相互关系(例如因果关系、主从关系、消长关系等等)也相当复杂。它们都需要经过量化处理才能够建立数学模型并进行计算机运算。传统的量化方法是通过分级、对比、排序等处理将各个定性变量的状态化为一维向量(通常是等间距的),再进行回归分析、判别分析或对应因子分析等处理,以得出其数量关系。这种方法一般用于有序的定性变量。由于它对其各个状态所赋予的数值的大小仅仅表示它们之间的顺序,而不能表示其差异的程度,而且不少变量的状态需要用几种属性才能较全面的表征,因此这种方法往往不能较准确地反映各因素之间的本质联系,从而会降低其分析结论的可信度。近年来,有些科学家提出了多维度法(multidimmensional scaling, 简称 MDS 法),其特点是将各个定性变量相互比较,从而得到各种相似的或非相似的度量,然后将各变量的状态定量地表示为欧氏空间中的点,以便于进一步分析各变量间种种关系,例如用关联系数来衡量它们之间的相似性及非线性关系的强弱等。这一方法已较成功地应用于地质、社会及心理学等领域中,笔者认为,在软科学研究中可以考虑先用此方法初步得出各定性变量之间的关系,再结合专家的经验进行调整及修正。

(2) 复杂巨系统的总体表征技术。

软科学的研究对象往往包含数量众多的组元,在结构上是多层次的。在实际上很难对每一个组元都进行研究,而且即使对各个组元都进行了深入的研究,也难以从总体上把握系统的特征及运动规律,因此需要从系统的微观结构及组元之间的相互作用的认识出发,说明预测系统总体的特征和规律,以便建立起由微观到宏观的桥梁。这一技术可以称为复杂巨系统的总体表征技术。

采用经典的统计方法可以用某些参数(例如正态分布中的平均值和方差)来表达总体的特征,但在软科学研究中往往要采用非参数统计的方法。这种方法的优点是不需要知道总体的分布类型,而且便于处理定性变量的观测结果。

由于物理学在处理非平衡态问题时所取得显著进展,以及它在化学和生物过程的研究中的成功应用,鼓励了一些自然科学家着手探索将在热力学及统计物理学基础上发展起来的理论与方法推广到社会及经济的研究中。其中包括用相变理论研究系统的演化,用耗散结构理论研究社会系统的自组织现象,用突变理论研究决策过程,用协同学研究人口迁徙问题,用超循环理论研究社会系统的行为,用混沌理论研究复杂的经济现象等等。

必须指出,尽管上述方法在自然界的无生命系统及生命系统的研究中确实起到了重要的作用,但将其用于研究社会、经济系统时还应注意到其局限性。由于在社会、经济系统中各组元的千差万别,只有将统计方法与案例分析结合起来,才能较准确地表征系统的总体性质。

(3) 价值体系的建立及表达技术。

由于软科学研究的目的是为各级各类的决策提供支持,故价值体系的建立是

必不可少的。没有一致公认的价值体系，就不可能进行方案的选择，更不可能进行综合集成。

一般而言，价值是人的某种需要与满足这种需要的客体属性的特定方面的界面，它是客观的，但又与人们受一定社会历史条件所制约的需要、利益、兴趣、愿望等密切相关。在决策过程中，价值体现为决策者对其所希望达到的目标与其所愿付的代价之间的折衷准则，作为评价及其选择方案的依据。对于多目标决策，就需要建立一个包括有关价值准则及其优先顺序的价值体系。

价值体系的建立是一个十分复杂的问题，通常决策者自身也不能较清晰地表达其价值观，这就需要软科学家采用阐明规范、深入交谈、不断调整、逐步逼近等等方法来明确有关的价值准则及其优先顺序。

在数学模型中，通常采用带有权重或优先级的目标集合来表达价值体系。在采用权重时各目标的变量的量纲应当一致，在采用优先级法时也应注意在同一级上的量纲一致，以免在计算机上运算时出错。

(4) 群体决策中的妥协技术。

在软科学研究中运用综合集成方法时，需要依靠决策者与领域专家群体来进行优先顺序确定、模型修改、方案选择等方面的决策。尽管已建立了一致公认的价值体系，为实现决策中的综合集成创造了条件，但在进行群决策时，由于参加决策的各人看问题的角度不同，以及局部利益与全局利益的矛盾，还需要用适当的方法进行妥协。这时可能采用对策论的妥协值①。

成思危还进一步提出了在软科学研究中运用综合集成方法时的“三个结合”和“三项注意”。

(1)“三个结合”是：

① 科学专家、领域专家及决策者相结合：软科学研究通常应由软科学专家负责领导，但一定要有与此项研究相关领域专家的参与；软科学专家与领域专家不仅是在一起工作，还要相互了解、相互尊重；领域专家一定要树立总体观念，不能只顾追求自己领域内的局部最优；决策者应当向软科学专家提出课题，并尽量参加总体框架的制定及方案选择的讨论，还要在研究过程中经常与软科学专家及领域专家交换意见；

② 定性分析与定量分析相结合：通过定性分析建立系统总体及各子系统的概念模型，并尽可能将它们转化为数学模型，经求解或模拟后得出定量的结论；再对这些结论进行定性归纳，以取得认识上的飞跃，形成解决问题的建议；

③ 专家经验判断与计算机辅助决策相结合：要注意发挥专家群体的作用，包括请他们参加总体的评审、分析统计及案例研究的结果、预测未来、收集并整理他们的知识以建立专家系统以及请他们评论计算机运算的结果，参与方案的讨论等。

---

① 成思危，论软科学研究中的综合集成方法，中国软科学，1997年，第3期。

(2)"三项注意"是：

① 应当使群体中的各成员充分了解该决策的价值体系及有关的各种信息；

② 妥协值的形成是群体中各成员之间反复交换意见的结果，而不是各成员意见的简单线性迭加；

③ 尽量防止由于决策群体中各成员的影响力不同所造成的妥协值的漂移[①]。

10.4.2 复杂系统技术在管理中的应用

以复杂性为基础的技术应用于管理可以称为"复杂性管理技术"(complex management technology)。这种技术已经在商业和管理实践中得到了迅速而广泛的应用，可以以图 10-1 来表示：

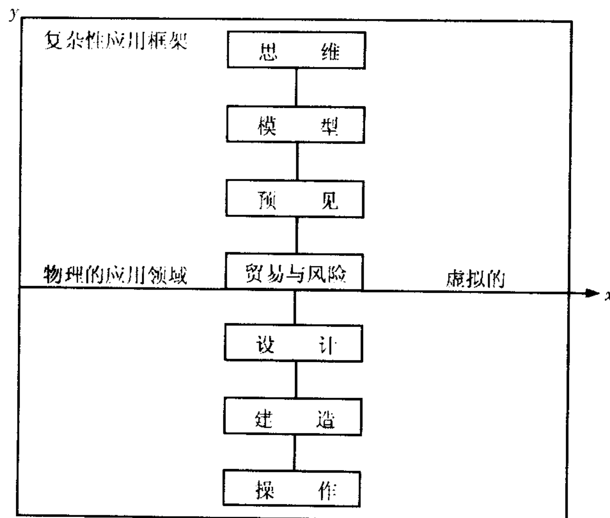


图 10-1 复杂系统技术在各个领域中的应用[②]

图中 x 轴代表从物理领域到虚拟领域的应用，左边是具体的、物理世界，右边是大脑和网络空间(Cyberspace)的虚拟世界。y 轴代表从思维到实际操作的整个人类活动领域。顶端是复杂性在思维、战略、模型化和预测中的应用。底部是应用部分，包括使复杂性技术变成组织内的一种特殊功能。例如，英国通讯公司(British Telecom)就利用合适的主体软件(agent software)更有效地帮助管理其通讯网络业务。

具体说来，复杂系统技术的应用在管理上可概括以下四个方面：

---

① 成思危，论软科学研究中的综合集成方法，中国软科学，1997 年，第 3 期。

② Robin Wood, Managing Complexity—How businesses can adapt and prosper in the connected economy , Profile Books Ltd pp. 70～71.

（1）战略管理。

右上区表明思维或虚拟活动如未来情境思维(Scenario thinking)，本质上是典型的战略。

（2）管理和改变组织。

左上区是复杂性的思维和物理应用区。例如，利用分形或控制论原理围绕有机的、适用性的模型来设计组织和发展决策过程。

（3）信息系统管理。

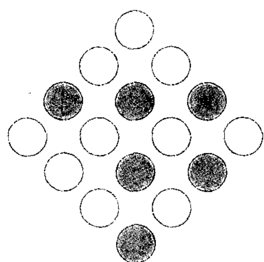
右下区代表操作和虚拟的复杂系统技术应用，典型地包含具有适应性和智能的复杂信息系统的展开和扩展。例如，有一种应用是利用智能主体(intelligent agents)寻找与查询一个问题有关的 Internet 关键词，从而提供一个由利用复杂适应系统技术的神经网络的智能答案。

（4）操作管理。

左下区表示操作与应用的区域，是制造并改变产品的物理世界。例如，生产胶合车(the scheduling of cement trucks)，可以按制备好了的混合胶合剂并按要求作相应的快速改变，通过合适的路线送达最大需求又是最近的地区，这正是复杂性早期商业应用之一。有专家指出，国际上许多大公司，如 3M 公司，惠普公司，它们原先是小公司，但由于运用复杂性理论的规则原理和技术而最终发展成财富杂志评选为世界 500 强企业[①]。

可以相信，复杂系统技术将会日益广泛普及，在社会、经济和科学发展中起重要的作用。

① Robin Wood, Managing Complexity—How businesses can adapt and prosper in the connected economy , Profile Books Ltd p. 66.



下篇 应 用

胡作玄

11. 技术预见

对未来的预测和预见是当今国际组织、各国政府、各种企业乃至个人最为重要的关注之一。虽然人仍不能完全决定未来，但对未来较为正确的预测和预见会影响人们的选择与决策，从而或多或少、或正面地或负面地影响未来状况及走向。在影响未来趋向的多种要素当中，决定性的因素之一是技术。特别是工业革命以来，各种技术的进步和发展强烈地影响着经济、社会、军事、文化、教育、科学以及信息与知识的传播，并进一步影响到政治及意识形态。当然，这些因素反过来推动或阻碍技术的发展与普及。因此，各个方面对技术的前景都有相当的关注。正因为如此，技术预测也成为研究、开发、决策的基础，从而获得各种学科的支持。从 20 世纪 60 年代以来，技术预测已成为重要的研究方向以及许多机构的常规业务。关于技术预测的专著已多达几百种，同时出现专门的学术期刊，例如，《技术预测与社会变迁》(Technological Forecasting and Social Change)从 1969 年创刊至今。关于技术预测的国际会议以及在未来学范围的专题研究也非常多。另外，各国政府及专业团体也有定期的技术预测，最典型的是日本从 1970 年起，每 5 年举行一次技术预测。其他各国政府和学术团体也有类似的预测。由于技术复杂性以及技术与社会方方面面的关系，技术预测往往出现在未来学的研究书刊及论文中，大量有关信息对规划与决策起着重要作用。

11.1 从技术预测到技术预见

长期以来，对技术预测的理论研究到具体的预测实践已经积累相当的结果，也有系统的专著问世。笔者在《科学系统论》一书的第12章“科学的未来与预测”中，对于一般预测问题做了系统的阐述，也涉及到一些技术预测的问题。本章则与上文互补，着重讨论技术预测方面的主要问题。

11.1.1 技术预测的主要困难

虽然现在科学与技术经常不加区分地混为一谈，同时许多现代技术的确是基于科学的技术，但科学与技术的差异是很明显的，大体上说，科学是认识世界，技术是改革及改进现有的环境和条件，创造一个人工世界。因此，科学精神主要是探索未知以及求实，其工作主要是发现，而技术工作则是发明及创新。每一种文化或文明都需要发展自己的技术来谋求生存及适应环境，因此，各种文化的技术体系不完全相同，有文化特异性。另外，也有十分清楚的历史性特征，也就是说，技术是不断发展和演进的过程。技术与科学不同，科学是普适的、相对稳定的，不因文化及时代不同而变化。科学的发展虽然有弯路，但作为人类总体来说，是越来越走向正确、走向真实。当然，科学的发展背景和条件是不同的，许多政治的、社会的，特别是意识形态的、宗教的因素阻碍科学的发展及进步，典型的是基督教会权威反对科学以及前苏联李森科之流反对遗传学，还有一些学术“权威”阻碍科学的发展，特别是官僚体制扼杀科学的发展。但从整体来看，科学的发展是向前的。纳粹德国反对相对论，法西斯政权等支持“德意志物理学”、“德意志数学”，通过行政手段搞形式、搞倾斜，到头来只是妨碍科学的发展，但这些“支流”不能影响“主流”科学的发展，从而整个科学的进展是可以预期的。

技术的预测则受到多种因素的限制，大致上有政治的、经济的、社会的、文化的、管理的、宗教伦理的、技术条件的、生态环境的、科学的、哲学的、信息的等多种维度。一方面，这些因素之间仍有复杂的相互作用及相互制约，极难理清；另一方面，这些因素都是变量，即不断随时间（乃至空间）而变化，其变化规律也不是确定的。我们可以把技术与其他因素的函数关系的不确定性称为逻辑不确定性，而把技术和其他因素随时间演化的不确定性称为历史（或演化）的不确定性。这两类不确定性构成技术预测乃至一切预测的主要困难。

正是由于这些困难造成了技术预测的失误。在笔者前文中，列举了8种失误。大致上可以归为两类：定性失误和定量失误。定性失误主要是指对于未来出现的新技术是否预报，还有预报的新技术或改进是否实现；而定量失误则是指在定性预报的确证实之后，时间及其他数量的预报是否符合。显然，定量预报是在定性预报基础上进行的，没有定性的准确，定量预测则毫无意义。当然，也在许多预测中，定

性预测似乎不成问题，特别是一些总量的长期变化趋势，如人口在10年或25年期内的数量增长，这时定量预测则是预测的主要方面。不过，从技术预测来看，首先保证定性预测准确是重要的。只有定性预测准确，才能进行进一步的预测。

11.1.2 2000年前技术预测的检验

2000年是许多预测包括技术预测的一个重要时限，对于2000年之前许许多多的预测，现在是一个进行检验的好时机。不过，这方面似乎没有系统的研究。这里只能对2000年底之前出现的技术与各种"确切的"预测进行对比，以此来评估过去预测存在的问题。

(1) 2000年前出现的重大技术，但没有预报的或基本没有预报的有：

① 互联网；② 个人电脑；③ 激光技术；④ 半导体与集成电路技术；⑤ 核技术；⑥ CT与其他医学成像技术；⑦ 克隆技术；⑧ 全球定位系统；⑨ 光纤；⑩ 高温超导。

(2) 2000年前曾预言，要在2000年前实现的技术但没有实现或基本没有实现的有：

① 登陆火星；② 核聚变的控制(受控热核反应)；③ 治疗癌症的有效药物；④ 治疗病毒疾病的有效药物；⑤ 智能计算机；⑥ 无人驾驶汽车；⑦ 盲人及聋哑人功能恢复；⑧ 老化的减缓；⑨ 利用医药提高人的智能和记忆力；⑩ 自动翻译。

11.1.3 技术预测的方法论问题

由上可以看出，技术预测的准确性很差，各类失误比比皆是。但是，技术预测正如所有其他预测一样，是社会生活中所必需的。除非完全盲目地行动，任何人都对未来有所预期，有所预见，有所预测。并以此来规划未来，设计未来，进行决策，采取对策，采取行动以及考虑后果并明确如何面对其中产生的新的问题。而这些应对行动是否合适，显然与预测的正确与否有关。而预测的错误或失效除了其他因素之外，主要应该是预测方法是否科学，是否有效。因此，对于预测方法的研究是十分重要的。

严格来讲，技术预测与其他方面的预测在方法论方面并不能说有很大的差别。也就是说，技术主题的特殊性对方法论有影响，但不是绝对的。对技术预测的评价主要是其是否完整以及准确与否。

完整的预测应该有四大要素：定性、定量、定时以及概率估计。最重要的是定性，定性不准，其他的要素都谈不上。前面所论及的没有被预见到的技术，完全是因为对技术的可能性没有预见到，或者产生怀疑，因此自然不会组织力量去实现。典型的例子是原子能的释放，以此为例，不妨进行一下示范的分析。

A. 原子能的释放大约经历12个步骤

(1) 1896年，天然放射性的发现，大量能量的释放，原子不可再分概念的打破。

(2) 1905 年，爱因斯坦质能关系的确立。

(3) 1911 年，卢瑟福建立原子模型：原子由核及电子构成，原子质量集中于带正电的原子核。

(4) 1913 年，元素同位素的分离，得出同位素的概念。

(5) 1919 年，卢瑟福首次实现人工核反应，得出氢原子核，后作为基本粒子称为质子。

(6) 1919 年起认识到，大多数元素都是几种同位素的混合物，每种同位素的原子质量接近整数。

(7) 1932 年，发现中子。

(8) 1932 年，提出原子核由质子和中子组成。

(9) 1933 年，费米开始用中子轰击各种元素，包括铀。

(10) 1938 年，哈恩等发现核裂变。

(11) 1939 年，提出核链式反应概念。

(12) 1942 年，费米制成第一座核反应堆。

当然，这 12 个步骤只是为了原子弹作准备。制造原子弹还需解决一系列技术问题。这些只可以说是理论—实验基础。在这个发展过程中，许多顶尖的科学家都认为原子能的释放是不现实的。1933 年，三位最伟大的科学家爱因斯坦、玻尔和卢瑟福都认为，人工实现原子能释放是不可能的。这说明即使是非常专门的科学家作出的判断仍会有这样那样的失误，至于非专家从其他角度的判断，例如从市场及经济的考虑，失误就更多了。1961 年，IBM 的总裁就认为，全世界只需几台电子计算机，因此不加以发展，而到 20 年后，微机已成气候，才开始赶超。这种例子不胜枚举。因此，对于技术预测必须采用有效的方法并且消除不正确的方向影响。

常用的技术预测方法就有 20 种到 200 多种，很难对其进行一一评述。这里把预测方法分为四大范畴。

B. 预测方法的四大范畴

(1) 直观方法。

这种方法的典型代表是德尔菲(Delphi)法。它是把专家的意见归纳整理而成。专家的意见有时靠经验，有时靠常识，也有长期深刻的研究，不过，其结果都各有其优缺点。一般来说，它具有任意性、不规范性，甚至非理性，在正式的研究论文和研究报告中往往显得不够“科学”，但实际上，它们确有其优点，这就是有的预测者的眼光和直觉是十分超众的。如果没有这些少数人的天才，关键性突破可能很难预测到。

(2) 哲学方法。

这种方法比直观方法更为系统、更为全面和更富理性。它们是科学方法的基础，也是通常客观分析的基础。这种方法通用于各种学科以及各种实际的问题，偏重于实证与实用，但也不乏想像力。典型的哲学方法包括类比与比较方法，分析与

综合方法，演绎与归纳方法，一般化与特殊化方法，抽象与具体化方法，简化、还原与复杂化方法等等。在技术预测中常用类比方法，最典型的是同类技术的生命周期有一定的相似性。类比方法常从不同的维度来考虑，在马提诺(Martino，J. P.，)的《为决策用的技术预测》(1983 年第二版)中提出 9 个维度：

技术的、经济的、管理的、政治的、社会的、文化的、智能的、宗教-伦理的和生态的。

进行类比对技术预测有着极大的启示意义。例如比较苏伊士运河及巴拿马运河的开凿过程、比较前苏联及美国发展原子弹、氢弹、导弹的计划以及空间的计划，这些对于后来进行同样技术开发的国家显然有极大的借鉴意义。更进一步，对于铁路的发展、公路网和航空系统的建设，特别是它们带动的技术、经济、社会发展有十分重要意义。

哲学方法对于未来情景分析也有重要作用。许多历史事件是由于技术缺失或技术故障而导致的。在战争中，情报与信息的重要性是不言而喻的，许多在战场上的主动者由于技术占先而取得优势和主动。第二次世界大战前，面对德国法西斯，法国人修筑马奇诺防线，结果没有起到作用，英国发展雷达、运筹学及战斗机，为保卫英国领空起了巨大作用。这显示正确的预测方法的作用。

(3) 计量-统计方法。

大部分“科学”预测方法标榜定量及数学，因此这类方法占很大比例。这类方法普遍用于邻近学科，例如经济计量学、社会计量学、历史计量学等等，在方法上也大同小异。其中包括增长曲线法、趋势外推法、时间序列法、统计相关-回归法、关联矩阵法等等。

这些方法的可靠性往往依赖于模型的建立，而模型的建立则有多种途径。主要是对于各种有关要素进行分类，抽出独立或弱关联的要素，研究要素之间的关系。在这些过程中往往需要提出一些简化假设，特别是线性假设。如果所得数据符合较好，则可以求出有关的参数和系数成为分析的出发点。当数据不符合时，则需换一些更复杂的假设。

(4) 规范方法。

以前的方法常统称为开发方法，也就是从过去及现在外推将来的方法，但技术有人工和目标的方面，目标设定是技术发展的一个重要方面，这样，从目标来进行技术预测就是规范方法。目标往往是要达到的目的，有的十分遥远，因此达到这个目标往往需要多种途径，面临不同程度的困难。这些往往也能认识技术上的突破。从古到今，这种目标很多，例如健康长寿，提高能力智力和人工智能等等。通过规范方法，可以分析中间的状态。规范方法最常用的有三种，即相关树法、形态模型方法、任务流图方法。相关树法的每一结点表示目标，而各分支表示问题或解法。例如汽车可分成三大部分：推进设备、结构、控制，每一部分又可继续分解下去。典型的相关树是解法树与问题树。以电动汽车为例，它的问题树分为三个分支：一是

蓄电池，二是发动机，三是动力系统。每一个分支又分若干分支：蓄电池的问题，例如充电-放电周期；发动机的问题，例如高温操作；动力系统的问题，例如速度控制等等。有的问题容易解决，有的问题难于解决，形成问题树。对每个问题可以设想不同的解法以及解决的困难程度。它们就对总的技术构成了一个规范预测的基础。在真正操作时，还应考虑相关程度和相关概率等定量的数据。相关树的方法很有用，特别是与其他方法结合在一起。当然，它同其他系统分析方法一样，也有各种各样的缺点。主要问题还是定性的预测是否合适。

11.2 技术发展的历史状况

技术预测失效的主要原因在于，一般预测方法对平稳的、线性的技术进步较为准确，而难以对非线性、突变的、突然涌现的、完全创新的技术进行可靠的预测。所有预测方法都缺少对技术的历史进步有比较科学的总结，因此，主观性及盲目性起很大作用，数据的扭曲性与拼凑性越发明显。因此，对未来的技术进行预见，就必须对历史上的技术有一定的总结与概括。

11.2.1 技术的呈现类型

从历史上讲，技术创新是不断进行的，品种也繁杂多样。因此，有些学者将生物进化论与技术进化论进行对比，这个观点总结在齐曼(Ziman)的《作为演化过程的技术创新》一书中。这里，我们从另一角度来讨论技术演化过程，并且着重考虑技术的突变呈现，这是由于我们的侧重点在于技术预测与预见，而不仅是对技术史进行实证探讨。

从技术演化的历史过程来看，大部分技术呈现采取突变的形式，这些是难以预测的，而通常的小改小革，缓慢进步则是采取渐变的形式，这些比较容易通过上述预测方法来做出预测。这样，我们把技术呈现粗分为四种形式：

A. 缓变型

在技术进化的常规时期，技术多呈现线性(或对数线性)型增长。在这方面典型的是计算机的性能，如运算速度、集成度等，每18到24个月改进一倍。这就是著名的莫尔(Moore)定律。它从20世纪70年代中期提出后，近30年来一直得到很好的遵守。显然，这种规律对短期的技术预测有很好的指导作用。从比较单一的数据来看，许多技术可以找到这种规律。

B. 组合型

不可否认，大量现有的多功能技术是通过组合方式呈现的。除了最原始的器械、工具之外，现代的技术工具从零部件来讲，往往成千上万甚至几十万上百万。

在粗分类的情况下,也可以分为几大块,例如,汽车有上万个零部件,但可以分为发动机、控制装置、驱动装置等几个相对独立却需要互相匹配的技术类型。除了每一种技术独立的进步与发展之外,这种类型的技术出现的关键是匹配的问题。匹配也是一种特殊的技术类型,对于新功能、新产品的诞生至关重要。

可以说,工业革命是组合技术的典型表现,如在蒸汽机技术取得突破之后,很快就应用到纺织机、火车、轮船上。同样地,内燃机技术也是如此。

对组合技术的预测往往归结为主导技术的突破以及匹配技术的可能性。相对来讲,这在技术预测中还是比较容易的。

在一种技术框架比较成熟时,某一方面的突破表面上是新产品,但是,从技术创新角度讲,这还不能说是最先进的。不可否认,在性能、品质的改进上仍十分重要。因此,在技术预见中,应予以特别关注。在历史上,一些代用产品也能归入这个类型。例如,汽车燃料由柴油到汽油到乙醇。但是,汽车动力使用氢和太阳能则需对汽车结构有较大的改变。

技术系统的转换是更高级的组合技术。这些趋势对于技术的发展十分重要。典型的有:

——从无声电影到有声电影;

——从照相到录相;

——从机械化到自动化。

其中最为突出的两大趋向是:

——从天然产品到人工合成产品;

——从模拟技术到数字技术。

从技术预测上来讲,这两种趋势预测是容易的,但是取得技术实现是困难的,有时这的确是科学上和技术上的重大突破。典型的例子是合成橡胶与合成纤维。它们的意义不是一般的仿制,而是为性能的改进开辟新途径。实现这些技术很难靠经验,而必须依靠长期积累的科学研究的成果。

从近年的发展上看,模拟技术到数字技术的转变是一个明显的趋势:从模拟照相到数字照相,从模拟电视到数字电视,其中最重要的是从模拟计算机到数字电子计算机,以及从模拟电话到数字通信,这不仅是技术的转变,而且对科学研究提出全新的课题。

C. 突破型

几乎所有重要的技术实现来源于突变。当然,这并不意味着它不靠积累而突然完成,而是在多时多方探索之后达到一个成熟的原型。这样一种原型往往是划时代的,以前的进步和以后的改进大都是常规的,相对较容易的。但只有突破是很难预测的,只是突变两种基本形态还有一定的不同:突破型往往有漫长的前史,其目标是明确的,原创型则是开辟全新的领域,与以前技术全然不同的。可以说几乎

不可能预测。

在历史上突破型的技术有：

火器技术、蒸汽动力技术、汽车、飞机、照相技术、打字机等。

D. 原创型

原创型属于最高级的突破。也就是在原创型技术出现之前，几乎很难想像会有如此的东西，其中大多数是基于科学的技术，也就是没有科学，无论怎样的经验积累以及试验，一般无法产生这种技术。

典型的例子有：电技术、无线电技术、核技术、激光技术、电子显微镜、半导体和许多医学成像技术等。

也有某些基于经验的技术富有独创性，例如拉链、自行车等。

11.2.2 技术的两大来源

要想对技术进行准确的预见，必须对技术的来源有所认识。现在，通常把技术来源统统归为科学，这与历史是不相符的。

A. 来自科学的技术

从科学到技术的转化过程的特点是：

(1) 从科学肇其端，也就是最终产品是科学理论及概念的具体实现；

(2) 科学提供思维框架，包括各种可能性，规律及禁戒；

(3) 科学提供研究及改进的方向以及有效改进的步骤；

(4) 科学提供不同层次的技术手段来鉴定、观测和分析物质及过程，这一技术过程是可控制、可操作、可重复的。

大体上讲，基于科学的技术属于那种只有有了科学理论或原理才能产生出来的技术。也就是说，无论如何进行经验积累，也不会产生的那种技术。典型的基于科学的技术是电工-无线电技术，再有就是制造非天然化学产品的技术。

当然，这个转化过程还不可能是完全确定的，由于科学认识的局限性、实际过程的复杂性以及理论与实际的差别，经验方法仍然要用到。但是，上述四点却是本质的，特别是从科学出发、用科学理论指导和减少盲目性是划分科学的技术与经验的技术的一个重要标准。现代化学技术是基于科学的技术的一个最早实例，而近年来这类技术越来越多，典型的有微波技术、激光技术、半导体技术以及基因重组技术等。显然，它们是相应科学的产物。我们在这里做这种区分，其目的在于对这个转化过程进行更深入的实证分析。

B. 来自经验的技术

从科学到技术的转化中，现代化学是这个单程转化的“中心法则”的最好实例。

更具体讲，现代大部分化学产品(特别是化纤及塑料)，完全是科学研究的产物，也就是没有高分子科学就没有高分子产品，而高分子产品的任何改进几乎都离不开科学以及基于科学的技术的进步。但从历史上看，并不是所有产品都走这样的单程线，它们更多可能是来源于经验：

(1) 偶然的发现(如玻璃、火药)；

(2) 经验的积累(如冶金及制陶)；

(3) 不断的试验-错误(如从大量植物筛选抗癌药)；

(4) 思辨的理论体系与实践的结合(如传统医药)。

上述各种方法的结合及经年累月的改进，其共同特点是带有盲目性及偶然性。因此，许多经验技术在历史上显示出缺失性和失传性。大部分地区都出现过轮子的发明，但也有少数地区没有，如在玛雅文化中。许多地区都存在过玻璃，有的地方很罕见，也许是失传，如中国。因此，对这种技术也不一定容易预见。

时至今日，大部分技术都是经验技术与科学技术相结合的结果，这些在取得突破之后的平稳发展时期，可以进行适当的预测；而对于创新型、突破型的技术，则需要进行预见。只有在预见的技术取得突破之后，才有可能考虑定量与定时的问题。

11.3 常规技术的预见

11.3.1 材料技术

尽管化学和物理的发展给材料科学和技术打下良好的基础，但这只对用量少的材料给出了前景广阔的天地。21 世纪初，我们对大宗使用的材料还难以找到价廉物品的代用品，例如钢材，有色金属材料、水泥等建筑材料，甚至木材，都还不能完全被代替。时至今日，由于考虑到环境的保护，各种新型塑料，特别是能自行降解的塑料也紧迫地提到了议事日程上。另一项大问题是纸，21 世纪也不可能变成完全无纸的世界，因此纸的再生及重复使用是跨世纪的一个重要课题。最近已成功地制成可以"擦去"并可重复用几次的计算机用纸。尤其是在我国，纸价的飞涨、造纸厂带来的污染、原料的匮乏、纸张的大量浪费以及还不能大量用纸包装代替塑料包装等，这对我们这个发明纸的大国提出新的挑战。在 21 世纪，我们能否在造纸的新科技方面再次领导世界新潮流？

11.3.2 能量技术

20 世纪，在能量的利用和转换方面的最重大进步是电力的应用和普及。廉价的石油资源使得发达国家肆无忌惮地浪费能量，只有两次事件提醒它们不能再这样继续下去了：一次是 1973 年和 1979 年的两次石油危机，另一次是在 20 世纪 80 年代中期，美苏发生的核电站事故。但是，时过境迁，从经济上的利益考虑，往往把环境保护

及社会的持续发展等因素统统抛向脑后。不过,应该承认,近10年来,在取得清净能源方面,的确有了一定的进步。太阳能的利用已经到达实用阶段:德国、美国等都有数以百万计的住宅通过太阳能电池取得热能,这是非常有前途的,当前的技术改进要提高转换效率以及大大降低成本。对于有条件的地方,风能也是提供能源的一种方法,从丹麦到印度,这方面都有发展。从长远来看,石油和煤不能无限供应,未来大规模能源供应要依赖于受控热核反应的突破,从20世纪50年代起,在这方面已经进行多方面的研究,而在六七十年代,有些未来学家对此非常重视,认为在20世纪可以实现控制热核反应,从而一劳永逸地解决人类的能源问题。遗憾的是这方面的研究很难取得突破,从而80年代、90年代的预言家们又倾向于悲观,认为21世纪上半叶不可能解决这个问题。实际上,这两种看法过于极端,估计21世纪将会在核能技术上取得重大突破。另外,真正长远的能源技术则是太阳能利用的经济化与其他可再生能源,如风能、海洋潮汐能等的大规模利用。

11.3.3 交通技术

上两个世纪,人类最主要的贡献除了通信之外,当属交通运输。飞机,使得地球上任何两点原则上均可朝发而夕至;火车,现在的时速也超过了500公里,能大量地进行运输;汽车,现在已成为近距离的主要交通工具。一个世纪以来,它们在给人类带来方便快捷的同时,也带来了一系列问题:

(1) 城市交通拥塞。

这是发达国家也是正在蓬勃发展的发展中国家遇到的最头痛的问题,也是最迫切的问题。这实际上可分近期和远期来考虑:一些国家大都采用发展公共交通和发展多层地下交通的办法,不过,对于人口过分密集的大城市,这办法仍然无效,从长远来看,降低交通量是主要问题。它涉及:什么是城市的最佳规模?看来应该趋小,使人的交通减少的因素增加,办公、购物、文艺等等可以通过信息渠道。开辟城市地下物资运输网络,这些现在在技术上已经能够实现,从而防止事必躬亲,增大交通负担。

(2) 交通安全欠佳。

虽然汽车技术年年改进,但是智能化、自动化还有待未来实现。估计这些问题,特别是自动驾驶,至少采用计算机辅助驾驶等,将在21世纪有所突破。

一些国家对于汽车的另外两项相关问题,即汽车的能源问题和环境污染问题更加关注。

11.3.4 信息技术

近十几年来,科学技术对社会的最大冲击当属电子信息领域,特别是20世纪80年代微机的普及、一系列新型通信工具的问世和90年代的联网。作为信息高速公路,阻塞的存在,大大影响了信息的传输速度。光纤的普及将大大缓解这个矛

盾，那时真可以说全球能够达到天涯若毗邻的境界。当然，世界信息资源共享还有许多技术问题。到21世纪宽带网的普及可以解决大量问题，而当前信息技术的问题主要是网络安全以及大量网络垃圾的问题。

11.4 生存技术的预见

在以前的技术预测中，一般把重点放在物质技术预测或工业技术预测上，其中包括材料技术、能源技术、机械技术、运输技术、通信技术、航空航天技术、控制技术、自动化技术、计算机技术、机器人技术、电工技术、电子技术等等。对这些技术的预测，利用常规的方法就可以取得一些成就。但是，对于人类生存至关重要的几种技术，往往在技术预测中受到忽视，有时根本就不在技术预测的考虑范围。这些技术主要是农业技术、医疗技术、环境生态技术以及减灾防灾技术。我们将这些技术统称为生存技术。比起上述工业技术来，在新世纪，这些生存技术将对人类本身有更加重要的影响，理应受到广泛的关注。

11.4.1 减灾防灾技术

自然界与人为因素造成许多历史上的大灾难。阿西莫夫(Asimov,I.,1920～1992)在《大灾难——威胁我们世界的灾祸》中，把大灾难分为5类并分别举例说明：

① 整个宇宙改变性质使其变得无法居住。例如，熵的增加、宇宙的闭合，星的坍缩等；

② 太阳发生不测。例如，与太阳的碰撞，太阳的死亡；

③ 地球发生剧变使地球上无法生存。例如，彗星、小行星撞击地球，地球减速，地壳变迁，气候变化，磁极移动等；

④ 天然或人为事件破坏地球上人的生存。例如，新的微生物和传染病以及大规模战争等；

⑤ 文明的破坏。例如，能源资源耗尽，污染，人口过度增长等，使人回到原始状态。

这是阿西莫夫在1979年的估计。前两类灾祸尚没有准确的研究，还不很现实，但是后三种可以说是十分现实的，特别是后两种灾祸，已经逐渐产生日益恶化的结果。

在历史上造成巨大人员伤亡和财产损失的灾害，包括火山、地震、飓风、洪水、旱灾等等。这些灾害一般不可抗拒、不可预测，不可控制，虽然经过长期的科学研究，对它们的成因及发展有一定认识，但距离准确预报仍然相差甚远，以地震为例，有些地震的确事先有所预告，如1975年东北海城地震，但是，许多大地震并没有警告，以致造成重大灾难性后果，如1976年唐山大地震以及1995年阪神大地震。对于地震，只能建立在科学研究基础上，提高事先警示的准确性和及时性，以对灾难的后果进行预先的准备，例如人员疏散等。

气象灾害更为频繁发生，虽然已经得知一些灾害与人对生存条件的破坏如乱伐森林等有关，但仍不能解决现实的长期预报问题。对于这类灾祸，在发生前可能做适当的突发前预报，但在时间、空间、强度上等都要更加准确。这两类灾祸的预报最终必须依赖全面的科学研究，其主要的工作为：

① 建立应付突发性的预警机制；

② 保持常规的测量与监测系统运作；

③ 建立适当的应急措施及生存必需品的储备；

④ 保持交通、通信的畅通。

由于人类对环境的许多破坏而导致的灾祸，现在尚不能进行准确的预报。但是，可以预见的是，新生致病病原体，如病毒、细菌及其他微生物等以及由于环境导致的致病因素，如噪声、电磁波以及其他污染也会导致新的疾病的增加，艾滋病及“非典”即是典型例子。各种流感病毒的变种也时有肆虐，至于局部地区的一些病，如非洲的埃伯拉病毒，导致100%的死亡率，这种病还没有得到很好的研究。这些都对未来人类的生存构成潜在的威胁。

11.4.2 医疗保健技术

长期以来，很少把医疗保健技术作为技术来研究。但是，毫无疑问在21世纪，医学将成为重点发展的领域，这是有充分理由的：

(1) 健康将成为21世纪人们的主要需求取向之一。

对于发达国家，除了贫困人口之外，大多数人的主要消费取向将是提高生活质量，其内涵是终身教育、素质的提高、丰富的文化及社会生活以及健康的体魄。这里，健康的概念绝不只是传统的没灾没病，而是如世界卫生组织所提出的“在身体上、精神上和社会适应上的完好状态”。这就对医学提出了更高的要求，不是消极地治病，而是积极地预防疾病，改善健康状况，这些对发展中国家也同样适用。

(2) 老龄化社会的到来。

大部分发达国家以及像我国这样的发展中国家，到21世纪都将步入老龄化社会，老年人将成为医药市场的主要消费者，而且随着医学的进步，老龄化的比例将日益增加。

(3) 生命科学的进步。

21世纪是生命科学的世纪，生物学已经从细胞水平深入到分子水平，许多威胁人类生存的主要疾病将得到有效的控制。

(4) 科学技术已有相当坚实的基础。

医学逐步由经验的诊断和治疗转向建立在现代科学技术基础上的系统工程。100年前，医生只有听诊器和显微镜，而近年来从X光机到CT，从B超到核磁共振(NMR)成像技术，从心电图到脑电图等等，已经成为家喻户晓的常用诊断工具。物理学、化学、数学、信息科学等越来越对医学起着重要的作用。而计算机、网络、

电子仪器和设备正在成为医生必不可少的工具。显然，这些领域的飞速发展，势必为医学的进步提供可靠的基础。

完全可以预期医学的快速进步，但是，也应该看到未来医学仍然将面对着许多困难，而且还有更为宽广的领域有待进一步开拓。长期以来，对于医学进步，人们往往估计得过高、过快。以癌症为例，从 20 世纪 60 年代起，人们就多次预言，可以期望在 70～90 年代征服癌症。30 多年前，美国总统尼克松还投入 1 亿美元巨款“向癌症宣战”，但是时至今日，无论在癌症产生及发展的机理上，还是在治疗上，都还处于缓慢进步的阶段，谈不上有突破性的进展。另一方面，即使在发病机理方面有所突破，在治疗方面仍可能束手无策，肺结核就是典型的例子。1882 年，德国科学家科赫发现结核菌，并由此开拓了医学微生物学新领域。可是，在 60 多年后，才找到了它的有效克星——链霉素、对氨基水杨酸以及异烟肼（雷米封，1952 年发明）。而在此期间，数以万计的人死于肺结核。至于艾滋病和“非典”，即便病因（病毒）和机理也已清楚，仍然没有找到有效的药物。其实，许多病毒疾病，包括流感在内，西医都没有疗效显著的药物，甚至大量流行的传染病如疟疾和霍乱，至今仍缺少有效的防治方法，当然中医药是一种解决的途径，不过医学面临的问题很多是一个不争的事实。

由于人体的极端复杂性，历史上的预见基本上难以做到准确。这里，我们根据过去的经验，提出疾病治疗预见的框架，它大致是同医学研究的方式平行的，可称为回溯方法。

A. 疾病治疗预见框架——回溯方法

（1）对于某种确认的疾病，找到有效的治疗方法。例如，治疗肺结核，采用链霉素或雷米封。

（2）当某种疾病没有特效疗法或药物时，找到一种通用的，但不一定对症的方法。在这方面，中医药常用辩证施治，例如感冒、发热的现成方剂。

（3）根据某种症状，找到维持指标正常的方法。如高血压、高血糖等的治疗。

（4）对于某种疾病，找到防止它进一步发展、变化的方法。例如对于癌症，虽不能根除原发病，但可找到防止扩散的药物或方法。

（5）对于某种疾病，已经功能减弱甚至丧失，找到功能替代的器官和方法。在这方面已取得一定发展，首先是器官移植，如心脏肾脏的移植，其次是人工器官的替代和补充，包括机械方法和电子方法。医学电子学技术正是采取这种措施的最佳角色，这类中最典型的装置是人工心脏起搏器，它是心脏病治疗的一项巨大进展，是医学电子学的突出成就。从 1952 年首次运用以来，挽救了千千万万人的生命。其后，还有多方面的改进。可以想像，对于人体这样一个稳态系统，通过生物控制论的指导和医学电子学技术，调节控制血流、血压、血糖、呼吸等等也应该在一定程度上能够实现。

(6) 对于正常功能调节、控制的方法。通过电子器件对大脑活动进行调节,可以消除或减轻各种各样的失眠这一最普遍的现象。常用的化学药物,不仅造成依赖性,而且睡眠质量不佳,醒来以后仍然感到疲乏,显然这是由于人工合成的药物多只起镇静作用。在这方面,脑电刺激恐怕是更为自然的方法。更进一步,通过电子芯片植入或耦合,改善精神活动,例如提高记忆力等等,实际上也已提到日程上来了,这方面的发展大有前途。

(7) 对于疾病的有效的预防方法。对于常见病,特别是死亡率高、没有有效的治疗方法的疾病,如心脑血管疾病、癌症、糖尿病等以及一些典型症状,如高血压、高血脂、肥胖等设计一些有成效的预防方法。

(8) 对于疾病监控及早期发现的方法,特别是癌症发生和发展的监控,虽然我们能在体外清楚地看到癌细胞,但是现在还不能在体内监测癌细胞的产生,除非它已经长大到一定程度(至少1亿个),甚至产生症状和转移。时至今日,癌细胞的异常产物的分析以及定位、定时、定量释放化学药物并没有原则上的技术困难,把癌消灭在襁褓之中的理想也许可在不太远的将来实现。

(9) 发展先进的诊断技术。在20世纪,已经产生极先进的医学成像技术,可以预计,在21世纪将有更大的发展。

(10) 对于已有的方法的改善,使之小型化、有效化、价格上更便宜、应用上更方便,特别是提高新药开发的效率。

上述框架主要是针对传统的医学概念治疗而言。到21世纪,医学的概念也会有巨大的变化,医学的业务范围从单纯治病大大扩大,至少可拓展到四个领域。

B. 医学业务范围的拓展

(1) 预防疾病。

医生面对的已不是病人而是所有的人,不管是健康人,还是潜在的病人。显然,对疾病早期发现、早期诊断是这一领域的主要课题。

(2) 增进健康。

防病、治病只是消极地应付疾病,而增进健康才是医学的真正目标,其中包括营养、运动、环境、卫生等内容,问题是如何检测及监测。

(3) 康复医疗。

康复工程面对的是某些方面有残疾的人以及慢性病患者,通过各种方法帮助其改善乃至恢复功能。

对于一位因器质原因而失明的人,难以做一个人造眼来恢复视力,最多换个角膜或植入人工晶体,但是从信息论的角度讲,视觉无非是在大脑的视区产生物体的图像,眼睛只不过是信息传输与加工过程的中间站。从这个角度讲,我们还是可以通过天生的神经网络(如果正常的话)甚至人工网络达到成像的目的。近十几年来,视觉理论与视觉机制的实验研究已取得很大进展,通过电子眼部分恢复视觉也

并非完全不可能。从历史上讲，这也是20世纪50年代兴起，后来也很少提起的另一领域——仿生学与医学电子学的交叉领域。由于视觉复杂，技术上困难很大。但听觉就相对简单些，至于嗅觉和味觉早已有产品问世了。

(4) 延长寿命。

人类要延长寿命，尤其是对病人及老年人，一方面改进其健康状况，另一方面是防止突发性的死亡。显然，如何追踪和监测是其中一项主要课题。未来的医学将在下列科学技术课题基础上，实现新的突破：

——基因的调节、修复与控制；

——细胞活动的调控；

——生命周期的调控；

——成长的控制；

——老化过程的控制；

——精神疾病的控制；

——功能放大的芯片移植；

——体内微型机械人；

——细胞及组织复制及移植；

——组织向协同优化。

11.4.3 农业技术

农业已有1万年的历史。农业以及畜牧业和渔业产品提供人类食品的绝大部分，从而是人类生存的基础。但农业与工业不同，农业的发展不是单方向（多是增长）的，而且在整个经济中的地位日趋下降。农业成为这样的产业，不太重要，又不能没有，如果真正出了问题就会造成严重的生存危机。按21世纪初的数据，全世界人均粮食产量近300公斤，20多年来起伏不大。至今仍有8亿以上的饥民和营养不良者，占世界人口的1/7～1/8，这个比例也变化不大。在20世纪80～90年代，仍存在大范围的饥荒。除了自然因素之外，还有许多人为因素。尽管技术因素不断地起作用，对农业的预见也必须考虑多种因素的协同效果。这样，历史分析才是一种适用的方法。

18世纪末之前的农业，我们称为近代前的农业。这时的农业主要靠人力、畜力、风力、水力及简单机械提供耕作的动力；主要施有机肥料，甚至不施肥；耕作方法上仅有平缓的改进。

19世纪的农业，我们称为近代农业。中外学者对于是否存在近代农业的阶段，认识不一。许多学者认为，没有近代农业这一阶段，但西方有些学者认为，在18世纪末到19世纪初，出现了农业革命。我们认为，近代农业大体上是经济和管理方面的变革，而不是科学技术方面的进步。比起以前的农业来说，两方面更有显著的不同：一方面，农业产品主要是供给市场的商品，而以前的农业商品化程度要

小得多，而且近代经营农业主要目的不是为了温饱，而是为了赚钱；另一方面，与此有关的是农场规模的变化，大规模农场的出现。当时，英国的农业经济学家阿瑟·杨（Young，A.，1741～1820）指出：小农场和朴素的生活方式并非农业繁荣的原因，只有大农场，圈地以及奢侈的生活方式才促进农业繁荣。从这时起，以英国为首逐步形成由自给自足的小农经济到商品生产的大农业转化，这时逐步淘汰土地休闲制度而普及轮作制度，施肥增加，通过圈地实现规模经营。但农业并没有因科学革命和工业革命而在技术上有重大突破。

20世纪的农业，我们称为现代农业。这时的农业是依赖于大工业以及技术进步的农业，主要表现在，先是机械化，后是化学化，进而是采用建立在细胞遗传学基础上的生物育种技术，由此产生了60年代的绿色革命，并导致许多发展中国家基本上能解决温饱问题。

历史上，农业最典型的科技转化是化肥的生产和使用，这给未来农业技术的发展提供了一个样板。

A. 化肥发展经历了四个阶段：

(1) 从化学的角度来看农业，认识到无机物对土壤肥力的作用。

当时，最伟大的法国化学家之一——李比希（1803～1873）提出无机肥料理论，并建议用无机物提高土壤肥力，以起到无机元素的循环作用。因此，他被称为“农业化学之父”。不过，他的学说在细节上并不全面，他强调用磷肥及钾肥，而氮肥的重要性是以后才逐步认识到的。

(2) 施用天然的无机物以增加土壤肥力。

19世纪后半叶及20世纪初，骨粉、过磷酸石灰、智利硝石等是当时主要的无机肥料资源，对当时农业增产起了一定的作用。

(3) 用人工合成的方法大规模生产化肥。

特别是20世纪初，德国化学家哈伯（1868～1934）成功地在高温、高压以及催化剂的作用下合成氨，并于1913年正式投产。在50年代前后，氮肥的人工生产和大规模使用占农业增产的一半以上，充分显示了科技转化成生产力的威力。

(4) 科学化、精密化与定量化。

虽然使用无机肥料这个大方向是正确的，可是一味地单纯增施一种肥料并不一定产生最佳效果，而且往往还破坏土壤。因此，合理施肥再次成为未来农业技术的重要课题。在这个问题上，对于不同作物、不同土壤应该做到精密计量，以求准确，特别是最近微量元素的作用越来越成为主要的研究方向。十几种的微量元素在农业增产及品质改良方面正起着重要作用。

B. 农业技术的未来

如上所述，农业技术与其他技术有一些基本的不同点，主要在于它的基础性，

也就是它至今仍是人类生存首先需要解决的问题，对于饥民来说，先要从数量上解决粮食问题。其次，农业技术进步是缓进的，很难快速解决大宗粮食及其他作物生产的问题，即使现在能解决，农业还是经济效益较低的产业，多数国家不能只靠农业变得富强。在预见未来农业时，不得不考虑上述各种矛盾。

未来农业的发展有如下的趋向：

(1) 对于未解决温饱问题的国家和地区，首先要解决粮食及其他农产品的数量问题，当然这有许多矛盾，首先是耕地面积与人口增长的矛盾，其次是与种粮经济效益不高的矛盾。但这些矛盾是可以解决的，两个超过十亿的人口大国中国和印度应该说对饥荒问题已做出一定的示范。总的来说，此问题不能说太困难，但随之而来的贫困问题更为难以解决。

(2) 农业品种多样化，除了地理大发现以后由新大陆引入多种品种之外，农业品种数相对贫乏，而新的品种往往对经济有所促进。

(3) 农业产物的质量提高，数量与质量往往相互矛盾。但从 20 世纪晚期起，人们越来越关注各种质量问题。突出的问题包括绿色食物，具有更富营养价值的谷物等。在这方面，保存天然风味是一个问题，例如通过激素养殖的鱼虾失掉天然味道等。此外，保持品种多样性是一个重要问题。转基因产品也是一个重要研究方向。其他还有森林的快速成长，适应沙漠改造的树种的开发等。

(4) 农业产品的工业化生产，例如在人工条件下大规模育种。

21 世纪初农业发展新技术还有调节农产品生长周期的技术、保鲜技术、储运技术等。

未来农业的理想是可持续发展农业，保护自然资源与环境协调发展。为此，除了基于科技之外，别无他途。现在，已经有了基因工程、核科学技术、电子计算机和信息科学技术，系统分析方法，物理、化学以及生物的科学技术诸多成就，这些先进科学技术的转化对于未来农业发展必将起着决定性的作用。

郑易生

12. 技术评估

12.1 技术乐观主义和市场主导的技术评估

12.1.1 技术系统的发展过程与经济的发展过程的关系

这二者是形影不离的，两者间互动主宰了世界工业文明进程。因此，当我们转到技术评估，分析技术对社会的正面和（特别是）负面影响时，首先需要明确这种评估的前提。这就是：对技术作用的反思是在技术—经济—市场已经“结盟”数百年之后才开始的。长期以来，至少对大多数人说，巨大的经济增长已为技术系统的作用做了完全肯定的评价，我们称这种“评价”为经济和市场给予的评价，这常常是一种隐含的评价——许多人一直对技术作用的不容置疑的乐观态度和“不需评价”的习惯本身就隐含着这种评价了。可以说，当人们终于提出搞“技术评估”时，很大程度上是对上述隐含的“市场评价”（或“经济主义评价”）的诘问和校正。

需要事先说明的是：有些文献在论及技术系统对社会之影响时，采用了“科学技术”这样的术语，而实际上展开的内容又主要是指与人与社会发生作用的技术系统。对于这种情况，本书提到的“科学技术”与“技术系统”是相同的含义。

此外，现代技术与先前的（传统的）技术形态存在着“质的差异。”[①]这是指它们演化的模式不同：古代技术主要是一种“实践技艺的集合体”，缺乏真正的理论根据；而现代技术则由于与科学联系日益密切而演化越来越迅速、越来越系统化、越来越受到有意识的控制，已经相当程度的理性化了[②]。正由于此，对技术的社会负面影响的发觉与反思主要地产生于20世纪现代技术盛行之时，因此我们在下面讨论中，只讲现代技术的影响评估。

12.1.2 对技术经济价值的评价

当人们说：“技术塑造人类”、“技术立国”时，其首要含义是技术的经济功能。技术在各方面的社会价值，核心是它能带来额外的经济效益，而经济价值是技术多

---

① 让·拉特利尔，科学和技术对文化的挑战，商务印书馆，1997年，第34页。

② 同上注。

种价值的基础[①]。

A. 从宏观经济测算来论述技术的经济价值

最为人知的是源自美国经济学家索洛的利用生产函数估计技术进步对经济增长贡献的方法。在这里，技术进步被理解为一种特殊的生产要素，与另外两个传统的生产要素，即劳动和资本并列。更确切地说，技术进步的贡献是劳动和资本的被计算出来并被从总经济增长中减去以后的"余值"。由此人们可以这样想：有一种因素"隐秘"地存在，由于它，今年同样的劳动力和资本投入量达到的产出量比去年高了！这个因素，就是技术进步因素。中国学者按着这类方法做过多次估算，一般得到的结果相差不大：中国技术进步对总产值增长速度（或GDP）的贡献为20%左右（见张寿主编《技术进步与产业结构的变化》和中国社会科学院技术经济研究所研究成果《生产率与中美日经济增长研究》）。国外的计算结果是：经济越发达，技术进步对经济增长的贡献就越大，有的超过50%。

这种宏观的"技术对经济贡献"的评估恐怕是最能展示技术的经济价值的做法了，但也是最不严格，最粗浅的理解方法。事实上，技术系统不是一个外在于经济系统的存在。具体地说，我们很难想像"技术进步"与新设备投资能够分离，或它与劳动者素质的提高能够分离——因为现实中几乎不存在没有体现在资本投入和劳动力中的技术进步。正是因为这个问题，在计算技术进步的经济贡献率的美国经济学家丹尼森和乔根森之间在20世纪70年代有过多次的学术争论：乔根森通过对资本的质量构成分析，发现所谓"技术进步"的内容，绝大部分可归结为资本投入的质量提高，几乎不存在抽象的技术进步。无独有偶，我们知道舒尔茨提出的"人力资本"要领，也指出了劳动力自身素质提高是一个人由投入积累起来的"资本"，技术进步很大部分是体现在这里了。对于我们来说，重要的是认识到上述方法，即把技术做为一个与劳动和资本并列的另一个生产要素，同时又估计这个要素的贡献这一分析框架的意义和局限性。我们认为，分别估计各要素的重要性有其描述上的方便性，这对于国家、地区之间与各历史阶段之间比较研究是有启示意义的。但是由于这种分析方法严重依赖于经济统计口径及经济数据的可获得性，难免"因数伤义"，即往往凸现了经济生活中那些可方便数量化和货币化因素的作用，掩盖了更复杂但可能更为重要的那些因素的关系。

B. 从多视角来论述对技术的经济价值

技术可直接地转变为生产力，技术直接地、根本性地推动经济发展；而在现代，科技更是对生产力的提高起着关键的作用。让我们借助中国社会科学院哲学所对

---

① 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999年，第193页。

高技术的经济价值的阐述[1]来说明这一点。

(1) 高技术可以为经济带来明显的量的增长。

例如,美国在20世纪60年代,通过实施“阿波罗登月计划”,集中发展了一批以空间技术、计算机技术、通信技术为主体的尖端性技术,这个技术群体给美国带来了长达十几年之久的经济繁荣。在这一计划中每投入一美元,便可收到10倍以上的利润回报。据美国聚变能基金会在一份研究报告中的保守估计:美国在航天计划上,每花费10亿美元可使国家生产力提高十分之一。

(2) 推动经济增长的质的改善。

现代技术的应用使人类的经济活动从深度、广度和精度三方面都发生了从低级向高级发展的巨大变化。这包括:企业由劳动密集型向技术密集型转化;机器设备由低效率、高能耗、高污染、笨重费料型向高效转化;工人由体力低智型向高智技术型转化;产品由重、厚、长、大、单功能、长周期、高成本向轻、薄、短、小、多功能、短周期、低成本转化;生产管理由无规、低效向准确、快速的科学高效型转化;生产与流通也由狭性的民族区域型向广义的全球一体型转化……第二次世界大战结束后,一群与信息有关的新科学技术,如信息论、系统论、控制论和电子技术、计算机技术、空间技术、生物技术等相继出现,又生长出微电子技术、传感技术、智能技术、光电子技术、软件技术、自动化技术、机器人技术……这些技术向经济领域和其他社会领域的迅速全面渗透,给整个社会打下了“信息时代”的深刻印记。历史表明,技术进步给经济社会形态带来的都是朝着新质的方向变化。

(3) 高技术拓宽了人类经济活动的领域。

随着机器的广泛使用,社会分工的日益扩大,产生了各种新产业部门;而电力技术再次使世界工业经济面貌大变,直接导致了自然经济被新型工业经济取代。20世纪的信息技术、空间技术、生物技术、海洋技术、新能源技术、新材料技术则加倍加速了更新的技术群体的互融互动和产业化、商品化、国际化,使人类经济活动不仅向全球一体化演进,而且也大大扩张了其活动空间:不仅向地球之外的宇宙空间发展(高边疆),而且向地表之内如海洋深处、地球深处发展(低边疆);不仅向宏观领域迈进,而且也着力向神奇的微观(如分子、原子、电子、基因等层次)领域迈进。这几乎是“无止境地”开拓了人类经济活动的新疆域,甚至有人认为人类的生产和经济活动正在摆脱地球资源、能源的限制。

(4) 新技术还有对各种自然灾害进行预测、预报、预防的巨大减灾性经济效益。

(5) 新技术还是社会经济结构由简单到复杂,由失衡到相对平衡,由失调到协调,最终实现相对高级化,或优化合理的真正动力。

(6) 新技术推动引发全球经济的整合,这种整合效益表现在生产国际化,跨国公司空前发展,科技研究与开发超越国界。

---

① 童天湘主编,高科技的社会意义,社会科学文献出版社,1998年。

(7) 对于经济发展落后的国家，技术进步有可能是它们后来居上、赶超较发达国家的希望。

C. 科学技术决定论

还有一种见解，认为技术岂只是影响了经济价值，它一手决定了整个经济的面貌。这一类的评价往往来自科学技术决定论。如在埃吕尔提出的“技术自主论”中强调：

(1) 技术是自我决定的、自我增长、自我扩张：“技术的自身内在需要是决定性的。

技术已经成为自我存在，自我充足的现实，并有自己的特殊法则和自己的决定论”。

(2)“技术对于经济和政治是自主的。

在当前，无论是经济的还是政治的进化都不能制约技术的进步：技术进步也不取决于社会形势。……技术会诱出和制约社会的、政治的和经济的变革，技术是所有其余东西的最初动因”。“由于技术已成了一种新的环境，一切社会现象便居于其中。说经济、政治和文化领域受技术的影响或调节是不正确的。倒不如说它们都处于技术环境之中……”

(3) 认为技术会自动选择。

技术会选择人，但人不能选择技术，面对自主的技术人就没有自主性。他认为：“由于技术的自主性、现代人不能选择他的手段，就像不能选择他的末日”。说到底，人的本性已受到技术过程的改变，因而人已不能像过去那样自由地进行判断和选择了。

上面可以看出，对于技术的经济价值之评价是多种多样的。首先，这取决于看待技术与经济的关系时所取的视角。经济学家，特别是宏观经济学家分析，倾向于将技术视为一种“生产要素”，用于与其他生产要素的作用做比较；而关注技术作用之过程的人，则将技术视为一种直接的生产力；至于哲学家，他们更关心从一个大的历史时间尺度的观察而略去技术与经济的互动过程与演进机制，结果对于技术的经济后果产生了一种(前者对后者的)单向性的决定力之印象。

本章论及对技术作用的评价问题。“评价”意味着人类有较好技术选择的机会和能力，当然更有这种选择的必要。这显然不同于“技术自主论”中的在技术系统自我强化面前的无所作为的宿命观点。在本章的这一节，我们要表明“技术评估”这个概念出现之前(这是20世纪60年代的事)，世上已有一个由市场主宰的经济评价机制。让我们对这一(有时是隐含的)机制做进一步描述。

12.1.3 市场对技术评价的作用

A. 市场决定技术的命运

对科学价值的评价有两个标准：其一，真理价值；其二，实用价值。前者是指科学内含的“扩展确证无误的知识”的价值，是追求真理和诉诸证明。这种科学精神价值只能用增加多少独创性的学术价值来衡量。后者则是指“知识应当在实践中

产生效果，科学应当应用在工业上，人们应当自行组织起来以改善和改造生活条件，并且应该把这件事视为一种神圣的义务”（这是弗兰西斯·培根最早提出的思想）。相应地，科学成果需要科学奖励系统根据科学家贡献大小来给予承认和分配荣誉。这与技术评价很不相同：“在科学上只要是历史上没有的，新的和达到先进水平的就是好的，必定是大受赞赏的，技术则不仅要有新颖性，先进性，只有这两性连专利也得不到，更谈不到专利被应用……技术成果……它主要地不以观念或知识形态存在，而是表现和凝结于实物中，且大量和经常集聚于商品中，人们在市场上购买某种东西，同时就认同了创造它的技术，反之某种商品在市场滞销，也就意味着与之相关的技术未被充分接纳。”[①]“并非任何的新技术或先进技术都会自然而然地、自主地、决定性地打入市场[②]……”，在这点上，日本的技术评论家森谷正规的一句话十分重要——“没有市场，技术是成长不起来的”。

科学有双重价值，技术则主要是实用价值。且这个实用价值主要不应由人为来测定（如同科学价值那样需要评比机构），而是看其经济效果，而这又往往反映在市场价格上。市场是对技术的最终评价——这就是迄今已深入人心的观念。我们说过，技术评估就是要超越这一认识水平。但是在这样做之前，需要弄清两个问题：一是为什么市场评价如此有力量？二是市场评价对中国的意义何在？

市场之所以成为技术成败的最终判决，是因为技术创新需要成本，其中参与人的经济报酬绝对不是可有可无、可多可少的一个部分。技术是为生活和生产服务的，也只有新技术作为新生产能力介入生产过程并取得超额经济收益，技术创新自身才能持续下去。技术和经济发展存在着正反馈关系，而市场提供的激烈竞争环境使得这种正反馈关系愈演愈烈，技术创新速度越来越快，而失败者的损失也越来越惨重。当今，世界上国与国之间、跨国公司之间的竞争，说到底是技术加市场的竞争，例如无数令人惊异的大公司兼并事件，都是围绕着技术组合优势和产品营销力量而盘算出来的。

中国在计划经济时期，一些与经济和市场相距较远的技术发展得很快也相当成功，但是大量与民用经济相关的技术发展不佳。特别是，大量从科研部门研制出来的技术成果的实用转化率非常低，整个工业的技术水平提高不快。这是因为人们长期不愿承认市场对技术发展的决定性作用。实际上，对技术的评价的认识，在中国经历过一个很大的变化，且这个变化仍在继续。这就是从计划经济时期那种将技术成果当做科学成果来评价转向把它做技术成果评价；从行政性的，或单纯技术专家型的评价机构及其制定的评价标准转向以经济效益（市场效绩）为中心的评价。这显然是一个进步，也是一个逐渐的演进过程，其间经历若干过渡形式。例如，20 世纪 80 年代中期，原国家科委组织了软科学重点课题《科学技术对经济影

---

① 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999 年，第 220～221 页。

② 同上。

响的评价》，该报告表明了当时对以经济效果看待技术成果的认识：它明确指出几乎任何一个大国都特别重视科学技术的作用，重要的问题是如何发展它，如何使科学技术更好地促进经济和社会发展。该报告把研究与开发(R & D)对经济发展产生的作用的过程分为四个阶段：

① 科学技术的直接成果：如论文、专利；

② 技术转化及应用成果：如新产品、新材料、新工艺……

③ 产业技术水平提高：如劳动力素质改善，技术装备水平提高，资源合理利用、产品质量品种改进、资金效率、劳动效率提高……

④ 宏观国民经济发展：如人均国民收入增加，产业结构优化……这个评价系统力图对科学技术能力，微观技术经济效果、产业技术水平以及宏观经济作用这四个层次进行评估。在对 20 世纪 70 年代末 80 年代初这一阶段的评估后，该报告的主要政策建议是：

① 提高各部门和企业的管理水平，使现有的设备、资金、人力资源发挥更大的效益。宏观上引导工业进行行业调整，改善产业组织结构；微观上促进企业注意新技术消化吸收和推广应用，改变重引进轻消化情况；

② 提高劳动力素质和技术装备水平；

③ 提高基础工业装备水平；

④ 提高企业对技术进步的需求；

⑤ 建立产业技术水平评价制度和评价体系。

将近 15 年过去了，回过头来看一下改革初期技术的经济评估，我们发现，这一评估方法有助于人们从经济效果来判断科学技术，并提出了技术与经济进一步结合的政策，这无疑是个重要的进步。但是十几年来的实践表明，主要是经济市场化进程而不是这些特定的技术管理措施，推动了技术经济结合的实现。凡是那些市场竞争较为激烈的产品、行业、地区，对技术的需求自然加大了(注意这种市场产生的对技术的需求是真实的，而上述评估的建议之④中所说的“提高企业对技术进步的需求”显然不是凭技术政策就能够做到的。)于是，沿市场需求方向的技术进步发展迅速。中国在 20 世纪 90 年代中期，某些家电的产品质量和功能都具备了国际竞争力，而全国电视、冰箱等商品生产的相对集中也在激烈竞争中得以实现。究其原因，政府的产业技术政策所起的作用远不如竞争性市场带来的影响大；相反，一些行业由于缺乏市场竞争，尽管有政府的各种规划保护、扶持和投入，仍然发展不起有生命力的新技术。十几年的经验说明，对于大多数产品来说，技术是靠市场推动发展的，需求便是对技术成果的最大评价。当然，事情还有另一面，既然市场评价未必能给出一种技术长远的、整体的潜在价值的判断，市场是相当“急功近利”的判官，它很不善于“正确对待”具有经济外部性的商品。就这一点而言，一个在一定程度上超脱市场评价，从战略长期与整体利益上对技术进行评估是必要的。中国技术进步的市场化过程也同样积累了一些这方面的经验教训，这里就不多说了。

总之，在这里要说明的是：在人类工业文明时期，技术与市场的互相促动是经济增长的基本原因。处于工业化阶段的国家（例如中国），市场化的技术是技术进步的主要部分，市场的评价自然地成为技术评估的主要成分。

B. 市场为背景的技术伦理

19世纪以来，多数学者对于技术的社会作用都是肯定和赞许的。有学者认为，科学和技术可以被合理地视为“伟大的理性主义潮流最真实最完美的表征”。“理性主义首先在古代发端，经过几个世纪的低落之后，又以异乎寻常的活力和席卷一切的坚强决心在近代再次复兴”[①]。这显然与科学技术在改造经济和社会中的惊人成就分不开，这使得“那些与理性主义方法不相容的社会生活和文化的各个部门，事实上不得不用科学模式的批判性概念系统来重新诠释自身”。不难理解，由于科学技术的发展及成就，占上风的是乐观主义的进步观、乐观主义的技术观。它坚信由技术成果体现的科学理性的广泛扩展，“正在明显地开拓人类在质上进化的实际上无限的可能性”[②]。这种乐观的、理性主义的进步观走到极端，还滋长了“技术万能”的观念和“技术天然合理”的观念。前一类观念是强调：现代技术能给人类带来共同的富裕和幸福，能自动促进社会进步，并将创造出新时代的个性与追求，为现代社会的一切难题的解决提供药方，例如托夫勒在《预测与前提》中认为，新技术的兴起意味着新的经济安排、新的社会形态和新的政治结构，技术发展都会在几十年的重大变化中得到新的解决途径，因而对技术的担心是不必要的。这种“技术能挽救一切”的认识在新技术的负面影响还没有突出表现出来的时代（可认为是20世纪60年代之前）是很有影响的，这恐怕与技术进步带来的经济大幅度增长、人的生活水平大幅度提高，掩盖了它的影响有关。

至于“技术天然合理”的认识，更是为技术乐观主义建立了伦理基础，例如莱布尼兹说：“作为建筑师的上帝，在一切方面都是作为立法者的上帝的。因此罪恶凭借自然的秩序，甚至凭借事物的机械结构而带来它的惩罚；同样地，善良的行为则通过形体方面的机械途径而获取它的报偿。”[③]也就是说，“上帝创造了宇宙的一切与和谐，技术是上帝善恶报应的手段，上帝通过机械途径会给罪恶以惩罚，给善良以报偿，所以人们不必为技术发展而忧心忡忡，一切听任天命就可以了。”[④]看来技术放任主义源于对自发技术作用的迷信，它与市场放任主义源于对自发经济行为的迷信是相似并有联系的。

对技术社会作用的过分信任，自然要否认人类对技术进行有意识选择的必要

① 让·拉特利尔，科学和技术对文化的挑战，商务印书馆，1997年。
② 同上。
③ 黄麟雏等，技术伦理学，西安交通大学出版社，1989年，第16页。
④ 同上。

性;另一方面,如果不相信人的这种选择能力,也同样会迷信技术有一种"不可更改的"合理性,从而否认人类对它进行反思与评估。前面已提到,技术决定论不相信人有对技术的选择能力,这很可能与它对人的行为能否超越某种"客观规律"或"天性"从不敢奢望有关系。因为迄今为止,工业社会中人的行为大多遵循着"市场理性",技术发展的经验也就是市场理性的成功经验。两者结合得如此之紧密,以致于不论是来自技术的社会决定论,还是来自技术的社会制约论,都有一些人由于完全拜服技术与市场高度一体化的威力而不相信有什么力量可对此挑战。因此,当技术产生的负面后果出现的时候,他们总是为曲意迎逢技术进步而限制深刻的怀疑精神,或是用诸如这一切是"难免的"、"暂时的"、"前进中的问题"等等来敷衍在现实中越来越严重的实际问题。

12.2 对技术价值的反思

12.2.1 技术的两重性

人们早已发觉技术产生的后果与它的目的常有不一致的时候,而且这些不好的后果大多不是经济范畴里的事,特别地不是"经济效率"范畴里的事。这些负面效果多出现在社会问题、道德问题和政治问题中。尽管如此,对"技术的两重性"取较为承认的态度却是20世纪中期之后开始的事。原因不难理解:对技术进行反思与对工业文明进行反思是互为表里的,对技术进行哲学思考是与对现代理性主义的根本基础的诘难分不开的。在世界大多数人温饱问题尚未解决的时代,提供"现代人生活标准"的技术—经济增长—市场机制的三位一体是不可能被广泛认真地反思的;在现代技术无论从军事上还是从生态上所具有的致人类于死地的威胁尚未被足够多的人感知的时候,对技术进行批判的人往往被简单地列入"技术悲观主义"而不被社会主流所重视。

最有影响地表达出人类正视"技术的两重性"的,竟是对科学和技术方面做出最实质贡献的科学家。爱因斯坦说:"以前几代的人给了我们高度发展的科学与技术,这是一份最宝贵的礼物,它使我们有可能生活得比以前无论哪一代人都要自由和美好。但是这份礼物也带来了从未有过的巨大危险,它威胁着我们的生存。"[①]

我们从两个方面谈技术的负面影响:一是从社会角度,二是从人与自然关系角度。

"技术"和"技术的应用"是有区别的。但是本章关于技术评估的分析中,这两者是合在一起讨论的。因为凡涉及技术选择,必联系着技术的应用可能。

① 张彦,科学价值系统论,社会科学文献出版社,1994年。

12.2.2 技术对社会的负面影响

1931年，爱因斯坦在对美国大学生讲话中指出："在战争时期，应用科学给了人们相互毒害和相互残杀的手段。在和平时期，科学使我们生活匆忙和不安定。它没有使我们从必须完成的单调的劳动中得到多大程度的解放，反而使人成为机器的奴隶；人们绝大部分是一天到晚厌倦地工作着，他们在劳动中毫无乐趣，而且经常提心吊胆，唯恐失去他们一点点可怜的收入。"[①]这里实际包含了技术的杀人能力的负面影响；对人的自由的影响以及对人与人关系的影响。

A. 现代技术产生了毁灭人类的军事力量

"科学技术的军事化和把科学技术成果用于军事目的，是西方现代工业文明最大弊病之一。第二次世界大战中，美国使用原子弹轰炸日本的广岛和长崎，造成了毁灭性的破坏。这可以说是文明弊端带来严重后果的最典型、最突出的事例。科学技术成果滥用于战争和军事目的，不但成为人类毁灭自己、走向'急性自杀'的根源，而且构成了对人类社会未来发展的最严重的威胁。……还有核军备、核扩散、核威慑的存在，常规战争、核战争、超核战争的威胁等，无一不和科学技术的滥用联系在一起。"[②]

所幸对于"技术悖论"的这个方面，自两次世界大战之后就有一些科学家开始深刻反省，他们认识到，战争与他们本人热衷于的科学技术直接相关。第二次世界大战之前，科学家在反战方面并不比别人有更多的行动。只是在战争后，特别是广岛、长崎有几十万人的生命被原子弹夺去后，科学家发现他们不总是那么纯洁无辜，而科学技术也并非万能和尽善尽美，他们不可能自欺欺人地摆脱科学技术内含的创造与毁灭的矛盾[③]。

1957年，由罗素、爱因斯坦等科学家发起的共有10个国家22位代表参加的"帕格沃什会议"通过了三个报告：

① 在和平与战争期间使用原子能引起的危害；

② 核武器的控制问题；

③ 科学家的社会责任。

报告指出："我们相信科学家除了他们本职工作之外，最大责任就是竭尽全力来防止战争，帮助建立一种持久的、广泛的和平。他们应该在力所能及的范围内对公众进行启蒙教育，使他们了解科学的破坏性和创造性潜力；还要寻求一切机会来影响国家政策的形成……"在第三次帕格沃会议通过的，有各国几千名科学家签字

---

① 张彦，科学价值系统论，社会科学文献出版社，1994年。

② 秦麟征，破损的世界，东北林业大学出版社，1996年，第33页。

③ 同①。

的《维也纳宣言》中又呼吁说："科学家由于他们具有专门的知识，因而相当早地知道了由于科学发现所带来的危险和约束，从而他们对我们这个时代最迫切的问题也具有一种特殊的能力和一种特殊责任。"[①]

B. 技术变成使人异化的一种力量

技术哲学家埃吕尔认为，"技术社会不是也不可能是一个真正合乎人性的社会。"[②]他的意思是：随着技术本身的日益自主化，人在技术的支配和控制下终于丧失了自由，已经变得无所作为了。本来，"技术是人发明并用来为人的目的服务的，因此人应当是技术的主人，支配者和统治者。然而，在西方现代社会中，由于技术发展的失控和技术政策的失误，技术已日益游离于人的控制之外，它已不再是人达到目的的手段，而是一种束缚人的框架。在技术的无形力量的驱使下，人类的行动已不再是自立的，而是按照技术的需要自觉不自觉地去进行。技术反过来成了人的统治者和支配者。结果为了满足技术生产的需要，异化为人力物质，地球及其环境成了原料，……人从技术的主人降为技术的奴隶，而技术则由于摆脱了人的控制而变得越来越不人道。作为使人异化的一种力量，技术无孔不入地渗透到人和社会的各个方面。"[③]埃吕尔认为，"文明与技术之间存在着三个方面的矛盾：

① 物质与人的矛盾。技术使人成为"淹没在物体、机器和无数的具体事物的世界之中的一个微粒；

② 有效性与价值的矛盾。技术追求无限制的有效性，妨碍对道德精神的追求；

③ 必然性与自由的矛盾。技术是必然的秩序和确定的过程，技术的效果是反对自由的……"

对于"技术的完美只能靠量的发展，靠完全可以测量的东西为目标才能实现。与此相反，人在质的、不可测量的方面（感情、智慧和美德）则更为优越……从技术的量过渡到人的质是不可能的"。因而，"技术的完美和人的发展之间存在着根本的矛盾"。在交通与信息技术发达社会中存在的诸多现象，如个人与群体的隔离，个人日益疏远群体并日益感到孤独和软弱无力，个人灵性发展受到阻碍……都说明了这个矛盾的存在。正如法兰克福学派的马尔库塞指出的，技术的发展抹杀了人的内心自由和精神上的判断能力，将人异化，变成了"单面的"人。

C. 现代技术也可能扩大人类发展的不平衡性

马克思在19世纪分析技术的两重性时指出："机器具有养活人类劳动和使劳动更有成效的神奇力量，然而却引起了饥饿和过度的疲劳。新发现的财富的源泉，由于

① 张彦，科学价值系统论，社会科学文献出版社，1994年。

② 同上。

③ 秦麟征，破损的世界，东北林业大学出版社，1996年，第34页。

某种奇怪的、不可思议的魔力而变成贫困的根源。技术的胜利,似乎是以道德的败坏为代价换来的。随着人类愈益控制自然,个人却似乎愈益成为别人的奴隶或自身卑劣行为的奴隶。"①由于社会制度的制约,现代技术不能自动带来社会的平等、公正和均衡发展。由于技术受社会形态的影响,技术很可能为既定社会的特殊利益集团用于特殊的目的。技术既可能促进极权主义、资源匮乏和暴政的扩大,也可以起相反作用;既可成为压制的媒介,也可能成为自由的中介②。例如,信息技术主要是由发达国家掌握的。由于"马太效应",他们的技术优势还在扩大,使发展中国家处于极为不利的地位,从而扩大了南—北国家的经济差距。其他高技术的发展,也会继续扩大这个差距,这更有利于发达国家剥削发展中国家。在这个人类的共同家园中,存在越来越扩大的技术—经济—生活差距,这是地球社会不安定的原因,也是环境可持续发展迟迟得不到有效实施的基本原因:因为富国往往宁愿把高技术用于自己生活的锦上添花,而不愿真正大幅度减少它们生活方式中浪费资源的强度(占地球 1/5 人口的发达工业国家消耗着 4/5 的世界资源)。有学者认为,日本大量使用机器人代替蓝领工人,当然是因为它成本低。一旦在国内普遍使用,使产品成本低于国外廉价劳力时,日本将不再向发展中国家投资,使它们失去进一步发展的机会③。

12.2.3 技术对环境的负面影响

A. 全球性环境问题的出现

1962 年,美国海洋生物学家卡逊著了《寂静的春天》一书,这个震憾人心的科学预言,使许多人认识到一些现代技术毁灭人类自身生存条件的现实。卡逊告诉人们,正是人类颇为得意的化学杀虫剂的滥用,使人类自己受害;因为人们不明白:"地球上生命的历史一直是生物及其周围环境相互作用的历史……只有在人类出现以后,生命才具有了改造其周围的大自然的异常能力。在人对环境的所有袭击中,最令人震惊的是空气、土地、河流以及大海受到各种致命化学物质的污染。这种污染是难以恢复的,因为这种污染不仅进入了生命赖以生存的世界,而且进入了生物组织内。"她还指出:"由于设计和使用化学控制时未曾考虑到复杂的生物系统,化学控制方法已被盲目地投入了反对生物系统的战斗,人们可以预测化学物质对付少数昆虫的效果,但无法预测化学物质袭击对整个生物群落的后果。"卡逊的思想与前面提到的技术乐观主义培育出的那种"常理"截然不同,自然引起了激烈的争论。但是现在,绝大多数人意识到了像 DDT 这类农药是人类历史上第一次大规模使用的原本自然界不存在的合成化学物这一事实的深刻含义:人类属于自

① 陈昌曙,技术哲学引论,科学出版社,1999 年,第 245 页。
② 刘大椿、岩佐茂等,环境思想研究,第 172 页。
③ 秦麟征,破损的世界,东北林业大学出版社,1996 年。

然生态系统，但生态系统不属于人类。我们人类长期以来一直行驶的这条技术—经济发展道路使人容易误以为是一条舒适的、平坦的超级公路，可以在上面高速前进。事实上，在这条路的终点却有灾难在等待着。

环境问题是由于20世纪中期一系列环境公害事件而开始引人注目的，如1952年，英国伦敦大气造成死亡人数比往年增加3500人；50年代到60年代，日本发生的有机汞引发的高死亡率的特殊中枢神经疾病、大气污染造成的哮喘病，……死伤者数百上千，1979年，美国三哩岛核电站泄漏；1984年，印度博帕尔农药厂泄漏有毒气体，死亡2000多人；1986年，乌克兰切尔诺贝利核电站因反应堆爆炸引起核污染，31人死亡，200人受伤，13万人疏散……现代生活中发现的许多新的疾病都源于环境污染，越来越多的男人或女人的生育功能遭受破坏也是环境不断恶化所致……

自然界对人类迷信技术、滥用技术的报复，突出体现在与现代技术带来的“全球性环境问题”上。全球性的环境问题不同于一般的“公害问题”，它是指人开发自然界产生的物质不仅对处于发生源附近的生物有害，而且在环境中通过扩散后，会存在于一个很宽广的空间、时间范围内，并给人类活动和自然生态系统造成影响。例如

① 由于人类能源技术的推广，二氧化碳等温室气体因而增加和积累，会导致全球气候变暖，直接的后果是导致生态系统的破坏和海平面上升；

② 现代生活大量使用的化学物质氟利昂部分进入大气的平流层，在紫外线作用下分解产生的原子氯通过连锁反应破坏臭氧层，将直接影响人和生物的健康；

③ 其他全球性的环境问题还有：有害现代工业废物的扩散及越境转移，海洋污染，生物多样性(它的存在对进化和保持生物圈的生命维持系统具有十分重要的作用，许多作用是人工技术产物不能替代的)减少，全球荒漠化，热带雨林减少，酸雨的产生与扩散转移……。“全球性环境问题”的出现，意味着人类一味迷信现代技术手段向大自然的索取的活动终于引来了大自然的较为全面的报复。1972年，世界有史以来召开了第一次“世界环境大会”，这标志着人类对这一问题有了觉悟。人们认识到，我们只有一个地球，人类都是这个共同家园的居民。环境因其“人工成分”的增加而退化是难免的，问题是如果在总量上超过一个使退化进程加速而不可逆转的阈值线，人类这一个特殊生物群体便要毁坏孕育自己的自然生态系统，并与她同归于尽。

当技术的威力由于其使用者的“技术即进步”的迷信态度而变成一种超过自然界自然的破坏力时，人们终于明白“人主宰自然”不是人的理性的伟大，而是人的狂妄之表现，它正是欧洲科学破坏性思维的狂热体现。

B. 从环境问题引起的对技术本质的追问[①]

海德格尔认为：“不管我们对技术持激烈的肯定或否定，我们始终不自由地束缚于技术。然而，最糟糕的是，当我们把技术看作某种中立的东西时，我们就受技

---

① 宋祖良，拯救地球和人类未来——海德格尔的后期思想，中国社会科学出版社，1993年。

术的摆布。因为人们在今天所特别热衷的这一观念使我们完全看不见技术的本质”。他从五个方面揭示了技术的本质：

(1) 技术是一种“展现”的方式。

事实上事物有多种展现方式，不止这一种。但是“在西方技术时代，人完全从技术关系去看待事物，把事物在技术关系中所呈现的面貌看作他所追求的真理，只用这一个标准去看待事物，否认事物还具有别的面貌和价值。

(2) 技术是一种“限定”。

即在技术时代，人们只从某一技术需要去对待事物，如把空气当作氮的供应者，把莱茵河当作水压的提供者……广而言之，把整个自然界当作能量的提供者。技术对事物所作的“限定”，已经对技术的“展现”作了进一步的说明。在技术的“展现”中，事物被“限定”在某一个方向上，被“限定”在某种技术需要上。

(3) 技术又是“强求”。

“强求”指强行向事物索取，迫使事物进入非自然状态。“现代技术强迫地球超出力所能及的范围而进入不再可能的因而不可能的东西中去”。“强求”进一步表明，技术不仅把事物限定在某一方向上，限定在某一技术需要上，而且在这一方向上尽其所有而加以技术利用，不计后果，这就是事物被展现于技术世界中的面貌。

(4) 技术还是“预定”。

例如水电厂把莱茵河水流限定在水压上……这说明在现代技术中“莱茵河也在技术上被预定了，被纳入了预定的发电和输电的整个技术系统，仅从技术运用中取得自己的地位，失去了自己的独立性，失去了自己曾有的开垦土地、供人居住的作用。

(5) 技术也是“储备物”。

这是指“在技术世界中，遭受强求的限定、强求的展现的事物所呈现面貌(未隐蔽状态)，是被预定了要立即到位以服从于技术需要，随时供技术生产驱使、支配、利用和消耗掉，大自然仿佛成了现代西方工业社会的庞大的原材料仓库，大自然中的万物仿佛成了工业生产的各种被储备的原材料……”海德格尔还认为，在西方技术世界中，不仅自然中的事物，连人有时也被变成储备物，被变成人力物质……在此论述基础上，海德格尔关于“技术的本质”的看法是：“生在技术时代的人，不管他如何想如何行动，总是摆脱不了要在技术上把事物预定为储备物、原材料”。……这种强求于人的，而且人所不能控制、不能突破的无形的驱使力量，即是技术的本质，或被他称为“框架”。

总之，像海德格尔这样的哲学家沿技术与自然的关系思考，指出了“随着现代技术，人和自然的关系发生了根本的变化，天地万物都成了人的技术生产的原材料。现代技术不只是手段，不只是人的行动，可以由人加以控制，反倒是人陷入了技术的框架，由技术控制了人。人不能自拔，只会在技术的时代的要求下千篇一律地从事技术生产……人们认为这样做是理所当然的、天经地义的，一点也不觉得反

常”。……问题的严重性，也是海德格尔追问技术本质的原因正是：“如果这些情况无限制地发展下去，那么，人赖以生存的自然环境还能不能得到维护和维持?”由于技术时代中的危险是由人随意主宰地球和自然所引起的，是由于人过分地对世上事物施加主体性所引起的，所以，对技术的本质的追问必然涉及到对“人类中心论”的批评，并涉及到对形而上学的批判。海德格尔提出：“人不是存在者的主宰，人是存在的看护者”。这是一个大原则：“人应该首先看护存在，即看护人的存在，以之为根基的基本生存条件，也就是看护地球和自然，不使之荒芜，以便有利于人在地球上的居住，然后才谈得上探讨和解决人的一切其他问题。”

12.3 技术评估

技术评估是鉴定应用研究和技术的潜力，促进把它们转化为实际应用的方法和手段，以及提前鉴定这些应用研究和技术的不合意的副产品和副作用，并且告之公众这些可能性，以便采取适当的措施来消除它们，或把它们减少到最低限度(达达里奥)①。

技术评估的提出，意味着人类对技术的反思进入了初步的“操作阶段”。技术评估是 20 世纪 60 年代出现的。它是发达国家一些人提出的对技术的发展与使用加以限制的一个主要措施。

60 年代初，美国有人提出对技术需要建立“早期警报系统”的设想。1965 年，美国众议院在一次以环境风险为主题的讨论会上，科学和宇航委员会顾问菲力普·耶格尔首次提出了“技术评估”(technology assessment)一词，当时强调的是要评价技术对环境的影响，以便控制环境污染。1967 年，达达里奥将技术评估定义为“给决策者提供全面评价的一种政策研究。(它能够)系统评价技术规划的性质、意义、状况和优缺点。……技术评估旨在提示三类后果：合意的、不合意的和不确定的技术影响。”1972 年，达达里奥起草的关于技术评估的法案经过修改后获得了国会的通过。同时技术评估办公室被授权既对技术的长期效应进行评估，又应国会的要求做其他的事。有管辖权的是技术评估董事会，它由 6 位众议员、6 位参议员和技术评估办公室组成。……80 年代以后，许多欧美国家和日本也相继开展技术评估工作。

12.3.1 技术评估的必要性

A. 长期以来对待技术的片面认识需要加以纠正

上节论及技术的两重性以及从社会和生态角度对技术的批判性认识。这主要是部分社会学、生态学、环境学和哲学家关注的问题，而相当多的人还没有从技术乐观主义或市场主导的技术观的影响中摆脱出来。长期以来形成的对技术的认识

① 邱仁宗，研究报告：在我国建立技术评估机制的决策研究，1993 年。

有如下片面性：

① 重经济效益，轻社会、环境等非经济效果；

② 重近期影响，轻长期影响；

③ 重直接效应，轻间接效益；

④ 只承认较为确定的事，忽视不确定性的含义。

技术评估则是针对这些认识的片面性，力求反映人们对科学技术的全面社会效应的意识，反映对更广泛的人群权益的关注，体现更多的人文关怀。

B. 技术系统本身的一些特点需要格外注意

邱仁宗认为，技术评估是基于对于技术的如下理论假定的：现代技术的革新是没有止境的，并且是加速发展的。其特点是：

① 任何技术领域朝任何方向的发展不会接近可达到目的的与手段的最佳平衡状态。相反，每一步的发展会导致朝不同目的和不同方向的进一步发展；

② 任何一种技术革新，由于普遍的相互联系和竞争压力，会很快扩展到整个技术界；

③ 手段和目的不是单向的，而是循环的，即原来的目的可以用新技术来满足，新技术可以产生新的目的，成为生活的需要，使技术负有进一步实现这些目的的任务；

④ 进步是技术的内在驱力。技术产生了要求自身进一步解决的问题[①]。技术的创新往往来源于新的科学知识。所以现代技术是一个自我扩张的错综复杂、相互作用的网络。

由于技术革新无止境，每次革新将会使它对社会产生烈度更增大、范围更广泛的效应，而在不断变化的社会环境中这种效应也将是独特的，不可能与以前相重复。因此，需要对每一种效应（只要具有一定程度影响）进行评估。

C. 高技术对已有文明提出了意想不到的挑战

有学者认为，"倘若从物质文明的角度来考虑工业文明、信息文明和未来的我们称之为高技术文明的文明，我们可以看到文明发展变化的一种极有可能的走向——基因文明或生物文明的崛起。"[②]人们对生物技术的迅速发展，对它的未来显得出人意料的关切是有道理的：这是一个既诱人又令人恐惧的高技术领域。例如信息科学技术和生物科学技术的相互联系不断增强，计算机被利用来破解生命的奥秘，生物科技则使用计算机系统和软件设计走向人性化（如人工智能）……。转基因技术，克隆技术的应用，加上人的遗传密码的解码工作（被视为 20 世纪最重大的一项科学成就）有望在 21 世纪初绘出基因图。……这些后果充满不确定性的

① 邱仁宗，在我国建立技术评估机制的决策研究，第 5～8 页。

② 秦麟征，破损的世界，东北林业大学出版社，1996 年，第 135 页。

技术发展，将给人带来以往难以想象的文明和道德冲击。例如有人指出，基因工程技术可能带来两种灾难：一是会通过基因重组，制造出杂种生物或重组体，有可能反过来破坏生态平衡；二是由于物种之间的生物屏障被基因工程打破，原有物种的纯洁性和隔离性就从某种程度上消失了。这涉及到人的尊严与平等，人种的纯洁性等伦理问题。又如繁殖技术，特别是其中的试管繁殖技术，引发了夫妻双方的生育权问题、血缘关系问题，人伦关系问题等，还涉及到对"代理母亲"的权利问题，冷冻胚胎的道德许可问题(胚胎算不算人?)。再如关于无性繁殖，在人类已于20世纪90年代克隆出"多莉羊"以后，克隆人的可怕前景立即引起了空前激烈的争论，许多政府宣布不允许做这个方向的试验。

这些最新生物技术对人类固有传统的生育、家庭、性和婚姻、自体和异体、人和社会等方面的道德规范的冲击往往超过人的想象。奈斯比特在《2000年大趋势》中说："你也许不懂生物科技，但是你不能不知道它的最新发展，否则你就是纵容别人以上帝自居。基因改造过的生物会不会破坏自然生态系统？将来会不会有'人头马'之类的怪物出现？人类凭什么干预生命的奥秘过程？科学家会不会唯利是图，滥用科技？你推卸不了道义责任。"面对如此不确定性的技术后果，技术评估不仅是必要的，而且可能还是远远不够的。

D. 利于多数人利益和人类长远利益的评价不会自动产生，应专门进行

在许多情况下，强大的私人利益在社会政策决策中起举足轻重的作用(它们的目标有时并不符合社会利益)，"科学政策多半会屈从于某种专门利益的压力而不可能很好地适应社会的真正需要。"[①]只要科学技术受制于私人利益集团或狭隘部门利益的可能存在，一种客观的、超越任何局部利益集团私利的技术评估事业就是绝对必要的。

12.3.2 技术评估的思想方法

A. 放弃对技术进步简单信仰的态度

技术进步总有多重涵义：

① 一切技术进步都有其代价；

② 技术提出的问题要比它解决的问题更多；

③ 技术的不良后果与有益影响是不分离的；

④ 每项技术都隐含着无法预料的后果[②]。

为此，要注意摧毁对技术的神化和美化，把技术看作普通的东西，使之世俗化。……"必须使人们感觉到，技术根本就没有什么值得为之献身的东西，没有什

---

① 让·拉特利尔，科学和技术对文化的挑战，第137页。

② 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999年，第248、249页。

么值得过分尊敬的东西，根本就不值得将自己的功名利禄寄托于它，也根本不值得为此去谋害自己的同类。必须使人们相信：技术的进步并非人性的最高成就，而是某些对象的普普通通的制作。”（埃吕尔）

B. 科学技术人员的社会责任感

科学家和技术专家从事的活动是一种社会活动，它既影响社会，也要受社会的制约。作为活动结果的技术成果与应用，科技工作者当然负有责任。尤其是现代技术的作用出现的新变化，使科学技术人员不应当也不可能再保持像过去年代不少科技工作者“为科学而科学”的理想了。正确的思想是：“如果想使自己一生的工作都有益于人类，只懂得应用科学技术是不够的。关心人的本身，应当始终成为技术奋斗的主要目标：关心怎样组织人的劳动和产出、分配这样一些尚未解决的重大问题，用于保证我们科学思想的成果会造福于人类，而不至于成为祸害。”①

C. 人类能够对技术后果作出预测并对其进行社会控制

如果不相信这一点，就不会有技术评估，就只有对技术自发性地听之任之、任其毁灭人类的生存条件了。但是，对科学技术发展的预测是很困难的，因为创造性是最难预测的。如果放弃决定论式的预测，人们对科学技术的发展作一些预想的分析是可能有益的，这总比不做前瞻性研究要好。至于人类对技术的社会控制能否实现，则取决于人类在处理它自身内部关系上的能力了。1992 年，在世界环境与发展大会上通过了《21 世纪议程》，其中提倡的改进方向，对于技术的社会控制也是适用的，这就是调整人类社会各个人群之间的利益，找到实现共同利益的途径，不仅为加强这一代的公平，还要考虑对后代的公平。说到底，对技术的评价和控制的完全建立，必须有社会深刻的变革。

12.3.3 技术评估的内容

A. 影响分析（impact analysis）

影响是指技术对社会的种种影响。

（1）影响的鉴定。

首先，应找出受评估的技术已经或可能发生的影响，并加以鉴定。这种影响包括直接的，间接的，或说包括一次、二次、三次……影响。这需要弄清影响发生原因和影响承受对象。

（2）影响的评价。

这分为定性评价和定量评价。

---

① 《爱因斯坦文集》第三卷，引自秦麟征：破损的世界，第 66 页。

（3）影响的说明。

这是为了提示作为原因的技术与作为结果的影响之间的因果作用机制。影响分析必须注意的几个问题是：

① 分析和评估全面的影响。如前所述，技术评估是在校正人们对技术评价中的片面倾向，其中包括对经济效益、技术效率；往往对直接的等"硬"影响较易重视，而对技术推广后可能引起的社会、伦理和法律等"软"影响重视不够；

② 影响分析的内容大致有6个方面：效益，安全性，社会问题，伦理问题，法律问题，费用—效益分析是在一定范围内较好的方法；

③ 影响分析必须鉴定承受影响的人群；

④ 影响分析中还要注意到，由于不同国情、不同经济发展阶段、不同社会文化背景等，对于评价会产生重大影响，例如，剧毒农药DDT对西方国家和对印度所产生的效应就迥然不同：在印度，DDT的主要作用是用来预防疟疾，以大大减少死亡人数，而在西方国家，则无疑是害大于利的。

B. 政策分析

政策分析是技术评估的归宿。技术评估应通过政策分析来推动较好的政策、方针和措施的出台，并最终增强技术应用所产生的积极的社会后果，防止和减少其消极后果。对技术评估的政策分析有两个特点：

（1）着眼于未来。

接受评估的技术有些是尚未或正待推广应用的技术，技术评估着眼于它们未来应用后的社会后果及其控制，有些则是已经推广应用或正在推广应用的技术，对它们进行技术评估也是着眼于未来继续推广应用，或有控制的应用，或停止应用。

（2）侧重于采取行动。

技术评估必须依靠有关的科学知识，以设计和发明能够改善技术、改善社会环境或改善技术与社会环境相互作用的战略和政策。这里需要做的是：

① 确定社会目标和价值；

② 列出可供选择的对策，因为技术评估者并不是决策者，因而应向决策者提供完全的信息、多种可选择的办法；

③ 在各选择方案的设计中，特别重要的是必须超越本学科的狭隘角度，从更高的视野来探究最佳的综合对策，为保证政策分析能在学科边界上进行，而不是在某一学科之内进行，应在影响分析的后期，把分析的各学科成分整合为一个真正跨学科的社会影响分析[①]；

④ 政策在政治上的可行性，也必须考虑到。

① 邱仁宗，研究报告，第27页。

C. 技术评估的具体任务和结果

(1) 将影响分析和政策分析归结起来，技术评估的任务是：
① 确定评估焦点(包括覆盖面和深度)；
② 描述被评估的技术(包括讨论技术的替代方法)；
③ 预测技术的发展(技术预测)；
④ 描述与技术密切相互作用的社会、经济、环境等情境的特点；
⑤ 预测技术条件的发展；
⑥ 鉴定技术及其情境之间相互作用的和高次级的后果或影响；
⑦ 用种种定量和定性技术分析这些后果；
⑧ 对这些影响进行评价，并把结果整合起来；
⑨ 鉴定和分析政策问题和可供选择的解决办法，提出建议；
⑩ 将评估建议进行交流。
(2) 技术评估的结果关系到技术的命运。根据技术评估的结果，可提出建议：
① 修改受评估的项目；
② 建立对技术的监测；
③ 追加研究该技术提出的特殊问题；
④ 进行社会控制，如制定新法律，改变税收政策，发布新条例；
⑤ 开发技术的新应用；
⑥ 终止技术的应用。

孔德涌

13. 技术创新

技术创新概念首先由奥地利经济学家约瑟夫·熊彼得提出,他揭示了技术创新和变化在经济增长中所起的决定性的作用。技术创新概念有狭义和广义之分。就狭义概念来说,一般指新的技术或工艺首次在生产中的应用。广义概念就不仅仅包括新的技术和工艺,还包括新的竞争方法、新产品的设计、新的生产过程、新的管理方法、新的组织、新体制、新机制、新的营销方法和新的培训方法。

近年来,"创新"(innovation)一词在各种报章杂志上和政治家、经济学家以及各种学者的演讲和文章中被广泛引用。可见其重要性非同一般。出现得比较频繁的有:技术创新、组织管理创新、体制机制创新、知识创新以及国家创新体系等概念。本章准备就技术创新的概念、特点、应用及重要意义进行阐述,并结合美国硅谷案例,就如何促进技术创新提出一些观点。

13.1 创新概念

上面叙述了技术和技术创新的概念,下面再对创新的若干概念加以探讨。

(1) 创新是价值实现的重要过程和有效方式。这里的价值是指经济和社会价值等。一些不可操作的、不切实际的幻想就不能算创新。

(2) 创新主要包括:科学创新、技术创新、知识创新、管理创新、组织创新、体制创新、机制创新、文化创新、观念创新等。

(3) 创新战略可分为自主创新战略、模仿创新战略和合作创新战略等。

(4) 创新模式可分为技术推动模式、市场拉动模式、链网结构模式和网络模式等。已不是一个从研究,开发到生产,进入市场的线性过程,而是一个复杂的非线性过程。

(5) 近年来,国家创新体系的研究引起了各国的重视。1987 年,英国苏萨塞克斯大学科技政策研究所弗里曼(Freeman,C.,)教授在研究日本的技术政策和经济绩效时率先使用了"国家创新体系"概念。90 年代初,郎德沃尔(Bengt-Ake Lundvall)主编了《国家创新体系:走向一种创新和交互学习的理论》。美国哥伦比亚大学的尼尔森(Nelson,R.,)教授主编了《国家创新体系:一个比较研究》。中国国家科委孔德涌于 1990 年在美国召开的"第六届世界创新大会"特邀报告"中国的

改革"中提出了"中国国家创新体系"的构想。① 1994 年,国际经济与发展合作组织 OECD 启动了国家创新体系项目,对多个国家的创新体系进行了研究。国家创新体系是一国为提高创新效率,整合各创新要素而构成的社会网络。

(6) 在科学创新与技术创新等过程中的原始性创新孕育着科学技术质的变化和发展,具有重大意义。

13.2 技术创新概念

现在,技术创新的定义很多,从本书"技术系统论"的角度来审视,拟做如下探讨。

本书第 1 章中指出:"在广义上,我们对技术做出更具有普适性意义的定义:在普遍意义上,技术是在一定的自然和社会环境中,用于实现输入集和目标集之间有向转换的可操作程序。其中,程序指按时间先后的一系列有序工作指令;可操作指每一指令都是确定的和可实现的,并经有限指令后完成转换。实质上,技术是关于输入、转换和输出的知识。在数学上,即是从输入 A 到输出 B 的映射 $f:A\rightarrow B$,其中 f 是某种对应法则。广义的技术应包含自然技术、社会技术,乃至思维技术。所以,技术创新的广义概念是和技术的广义概念一致的。技术创新是在一定的自然和社会环境中,用于实现输入集和目标集之间有向转换的可操作程序的变化,其目标集是在市场上或社会中取得经济效益或社会效益。狭义的技术创新是新技术、新方法和新思维在设计、生产、组织、管理营销等方面的应用,其目的是在市场上取得利润。

13.3 技术创新的特性

13.3.1 技术创新并不神秘

按照上述定义,对于可操作程序变化的大小并未加以限制,所以,技术创新活动可大可小。大的创新,例如半导体集成电路的发明和应用,它所产生的直接和间接经济效益和社会效益导致了信息社会的诞生。另有一些技术创新,看来并不起眼,却产生了巨大的经济效益。例如,集装箱运输发明前,货船装卸非常耽误时间。但有人发现如果把不同的物品事先分别放入一个个标准的箱体内,可大大加快装卸时间。其后,人们又进一步发现,公路运输也采用同样的标准箱,可使效率更进一步提高。一个每年成百上千亿美元的集装箱生产和运输业就这么诞生了,而原理却是那么简单。这样的例子不胜枚举。

---

① Dyong Kong, Generating creativity and Innovation in Large Bureaucracies, westport, conneelicut · London, Quorum Books, 1993.

13.3.2 技术创新的系统性

技术创新活动是在一定的自然和社会环境下，由人参与的一种生产活动。人与环境和物质之间构成了一个复杂的系统。系统有两种特性：一种特性可以称为线性特性，即系统总体特性等于系统中各元素特性之和；另一种特性可以称为非线性特性，即系统总体特性不等于系统中各元素特性之和。计算机运行性能决不是其中央处理器、内存和外部设备的性能之和。还需要各部件之间的很好配合，也就是在软件的运作下，计算机的性能才能发挥。

以前面的集装箱为例，其核心技术是把不同的货物放入一个个标准箱中。在设计过程中，要考虑怎么装卸，如何组织生产，如何管理才能保证质量以及如何营销，让用户接受和喜欢这一新生事物。这里不仅仅是人和物的关系，还包括人和人之间的利害关系。最后还要不断地从用户意见中提取新需求、新思想来改进这项技术，再创新。此外还可能碰到政府的政策是否鼓励这项创新，企业的员工是否欢迎这项创新，对手会有什么对策来应对另一方的创新，银行家愿不愿意贷款，以及怎么建立销售体系等等。所以，一项创新活动的实践是一个复杂的系统的集成。任一环节的疏忽，都会影响创新的成功。

13.3.3 技术创新的非线性

20 世纪 70 年代末 80 年代初，在新技术革命浪潮掀起之前，人们把技术创新过程看作传统的由基础科学发现到应用研究推动生产开发，直到新产品进入市场的线性模式。即一旦出现了技术突破，会自动地推动生产应用，发展到新产品商业化的这样一种线性过程。表现在政策实践上即更多的研究开发投入等于更多的创新产出，这忽视了现实经济过程的复杂性。对于从科学到技术再到商业化的线性认识，Mahdjoubi，D. (2001)[①]评价道："它没有认识到技术在确定科学的目标、方法及产出率上的角色，忽略了许多源自并非科学本身的因素会影响技术发展。"线性模型的认识在研究上导致通常考察计量诸如专利申请数、公开出版论文及专有技术等产出数量的规模来衡量对经济的影响力；后来又有些经济学家加上了就业人数、工业产出率、GDP 增长率等其他数据作为研究变量。但是，这些研究从非线性角度看，不能包容整个技术创新、应用转化与商业化活动的复杂性。通过对技术创新的研究，人们发现，这种传统的认识并不一定符合现实的经济过程。技术创新与经济增长之间的各个环节及各个方面是交互作用的过程。人们过去都把技术创新活动描绘成一个线性模型，即从研究开始，到开发、设计、生产、营销的一个线性过程。技术创新理论著名学者斯坦福大学罗森伯格教授提出了一个非线性模型。在上述线性基础上，各环节之间都存在着前馈和反馈。这意味着创新活动可以发生

① Mahdjoubi. D,(2001), Linear Model of Innovation.

在这个链的任一环节。非线性模型是比较符合实际的。创新活动往往贯彻全过程。一项大的创新活动往往是许许多多小的创新活动逐渐积累的结果。对技术创新模式的认识从线性到非线性的转变的意义在于:支持技术创新活动的政策不能限于只支持科学研究,而应抓住整个创新活动中最薄弱的环节。

13.3.4 技术创新的持续性和动态性

一个企业要保持它在市场中的竞争优势,必须持续不断地创新。而且这是一个激烈的动态过程,因为别的公司为取得竞争优势也在不断地创新,是一个相互追赶的局面。一项创新虽然可通过申请专利来保护,但后来者的学习和模仿是很快的,创新优势不可能长期保持下去。几十年来,世界500强中真正常青者为数很少,要做到持续不断地创新并非易事。

对于一个地区和国家来说,面对着全球竞争的局面,也必须不断地在组织管理和体制机制方面进行创新。这里最重要的是给企业创造一个合适的竞争环境,让企业的创新活力能充分发挥。地区和国家政府应如何做,将在下面章节详细阐述。

13.4 原始性创新

原始性创新可分为科学上的原始性创新和技术上的原始性创新。

(1) 科学上的原始性创新是指开拓新领域、引领新方向和孕育新学科的创新活动,其成果包括新现象的发现和新概念、新理论的形成;

(2) 技术上的原始性创新是指获得的技术有可能导致产业发生革命性变化的创新活动;

(3) 原始性创新会引起科学技术的重大突破,带来新兴产业的兴起,促进经济结构和社会形态的变革,但并不是所有的原始性创新都如此,其影响和实现的价值有大有小;

(4) 现代科学技术的原始性创新需要大量科技活动的长期积累和巨大的经济实力支撑,需要国家创新体系予以保障。

13.5 体制机制创新

世界高新技术日新月异的发展,促使各国、各企业或组织机构的体制机制也做出相应的改革,以适应高新技术,尤其是网络技术所带来的变革。

中国自改革开放以来,相继出台了经济体制、科技体制和教育体制改革的文件和措施。世界各国面对这一新形势也在不断地改革,可以说,改革是当今世界潮流。

关键问题是各国的改革目标是什么?虽然各国的国情不同,具体目标有所差异,但几乎都集中于一个共同的目标——如何加速技术成果的商品化。罗森伯格

教授在 1992 年文献[1]中明确地指出:大量事实证明,加强美国竞争力的关键因素不是技术本身的开发,而是那些影响技术商品化的因素。

1985 年,中国提出的科技体制改革总体方针是:经济建设要依靠科学技术,科学技术要面向经济建设。其实质也是技术商品化的问题。只不过,中国过去是计划经济体制,比那些市场经济体制的国家改革要困难得多。

企业应是技术创新的主体。中国的大中型企业基本是国有企业,在长期计划经济体制下,缺乏创新活力。更重要的是缺乏创新需求和能力,更需要的是体制、机制创新。在前面技术创新的特性中已经提到,技术创新的系统性指出,体制、机制创新是一个复杂的系统工程,需要进行系统总体设计。技术创新、组织管理创新和体制、机制创新三者缺一不可,不存在哪个重要,哪个次要的问题,要全面的协调配合,建立国家创新体系的目的就在于此。

13.6 组织管理创新

这里先从一般意义上来探讨组织管理创新。对于不同的行业,不同的时期,不同的环境和不同的条件下应有不同的组织管理模式。各国的管理专家提出了许多模式。美国麻省理工学院教授李天河把它归纳为三种模式:机械模式、生物模式和社会模式[2]。

著名管理权威泰勒提出的管理模式就是典型的机械模式。工人或雇员在一个事先设计好的流水线上或程序中,在规定的时间内完成规定的动作或任务。这种模式曾使生产和办事效率大大提高,促进了资本主义社会高速发展。这种模式的缺点是把工人或雇员看作一条生产线或一个程序中的机械工具,不能调动他们创新的积极性。

现代自动化和信息技术的迅速发展,服务业的比例越来越大,管理模式又进一步进化到生物模式。一个企业或组织的领导人好像人的大脑,由他来指挥一切,其部下犹如人的四肢,可以有一定的自由活动余地。从调动人们创新的积极性来说,生物模式比机械模式更进了一步。

从现代知识经济时代的角度来看,技术创新是一个企业或一个国家繁荣的源泉。所以,调动每个人创新的积极性是关键。一个公司或一个组织就像个小社会,每个人应有机会发表自己的看法。随着现代网络技术的发展,使这种管理模式的实现有了可能,公司最下层的雇员可在网上与最高领导人自由交谈。这种模式称为社会模式,大大有利于调动每个职工创新的积极性。

---

① Nathan Rosenberg, Ralph Landau, and David Mowery, Technology and the Wealth of Nations, Stanford, California: Stanford University Press, 1992.

② Thomas Lee, Integrated Management System, New York, Wiley & Sons Inc. 1999.

生物模式几乎是绝大部分公司普遍采用的模式。社会模式当然很好，但实际上是这两种模式的结合，即近年来哈佛大学提出的"T"型模式，既有扁平的社会模式，又有自上而下的生物模式。

上面谈的是企业或机构内部的管理创新。管理创新还应当包括企业或机构与外部的关系。文献①是这方面许多著名学者论文的汇编，就公司与创新过程中其他相关者之间的合作重要性提出了完整的、多学科的分析。其中包括增长理论和公司理论，跨文化间的管理目标，公司间的技术联系，网络和创新，战略合作，合作协议，国家干预，战略联盟以及非正规的网络等。他们强调，公司间的合作及在创新和经济增长中建立网络的重要性。哈佛大学著名教授米麦克·波特在文献②中指出："公司间的合作是重要的，但合作的目的更重要，如果想靠合作研究和开发来降低研究的成本和风险，往往会使公司失去对增强公司持续竞争力的研究和开发的重视。任何提供竞争优势的便道，实际上是走向失败的捷径"。

对于如何促进企业和组织的技术创新问题将在创新管理一节中阐述，至于政府如何促进技术创新，将在第 14 章技术政策中论及。

13.7 技术创新与全球化

一国的科学技术实力是技术创新能力的基础。一个良好的创新环境和充足的资金是技术创新活动的必要条件。全球化是人力、资本、物质、信息和知识五大流在全球的流通和融合③。

一些发达国家，无论在科技实力还是五大资源控制方面都具有压倒优势。在国际竞争力上也是无以匹敌的。经济科技全球化的主要表现是一些全球公司把整个生产活动在全球优化配置。从人力资本来看，公司雇员在新德里和香港按键盘，他们作为美国经济的成员充分联网和受雇。他们不向美国纳税，不在美国居住。从流空间来看问题，似乎不存在国界，哪儿落差大，哪儿阻力小，就往哪里流。仔细分析一下，其实也不然。一些全球公司把他们的研究开发机构都办到客户国家了，其目的是使其产品性能最符合客户的需求。但其技术创新的核心和设计是牢牢掌握在公司核心部门手中。这些公司能把一个新产品从推向市场到最终销售过程中的最大利润据为己有。一个新产品刚上市时的利润是最大的，当产品快进入饱和期时，他们就把生产该产品的设备和技术转让给中等发达国家，让中等发达国家继续生产供应市场，当市场进入饱和以后，中等发达国家就把设备和技术转让给发展

① Rod Coombs, Technological Collaboration, The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation, Cheltonham, UK, Brookfield, 1996.

② Michael E. Porter, On Competition, Harvard Business School Press, 1998.

③ 马俊如、孔德涌、金吾伦、刘钢，全球化概念探源，中国软科学，2000 年，第一期。

中国家。当发达国家把技术和设备转让出去后，又向后两类国家出售关键零部件。当关键零部件快要饱和时，他们把生产关键零部件的设备和技术转让出去。所以，发达国家从整个过程中赚取的都是最丰厚的利润。紧接着，又一个新产品推向市场，一个新的循环又开始了。

当然，中等发达国家和发展中国家不能永远吃些残羹冷饭，要想跳出这个循环就得靠创新。后发者往往有后发优势。例如，我们可以跳过发达国家发展了上百年的有线通信，直接进入无线通信，有线通信的规模可大大缩小。又如，我们可不必大规模发展内燃机汽车，而直接发展电动汽车等等。

13.8 一个技术创新和区域创新的成功范例——美国硅谷①

由于美国网络泡沫的破灭，硅谷的经济也大受影响。但从技术创新的角度来研究硅谷，仍然可以给我们许多启示。何况，硅谷的发展历程中曾两度走入低谷，只要良好的机制存在，硅谷的再度兴起是不存在问题的。从技术创新的广义角度来看，区域创新是技术创新的重要一部分。一些地区虽无丰富的自然资源，有的甚至地处沙漠，都有在短短几十年内成为世界闻名的地区的案例。20 世纪 50 年代，美国旧金山海湾地区从发展硅半导体技术开始，一下成为世界闻名的硅谷，人们纷纷竞相效仿。剖析一下硅谷的成功经验，的确对发展科技工业园区和高新技术产业会有很大裨益。

本章已经谈了许多技术创新的概念和理论问题，现在把硅谷作为创新理论应用的实例来剖析还是很有意义的。

硅谷从 20 世纪 50 年代的一个半导体公司增长到 1999 年的 7000 个电子和软件公司以及数千个初创企业，平均每周产生 11 个公司。世界上 100 个最大的电子和软件公司中的 20%在硅谷。平均每 5 天有一个公司上市，每天产生 62 个百万富翁。据 1999 年 1 月 20 日一期的"硅谷杂志"报道，仅 1998 年 1 年，硅谷就创造了 39 位亿元富翁，在 1994～1998 年间，营业额增长超过 6 倍的就有 50 家。

硅谷的成功要素可以用一个不等式来表示，即 $4+1>5$。其中 4 指的是 4 个要素，它们是：创业人才（或称现代企业家）、创业环境、风险投资和市场。另一要素是政府的作用。由于这一要素是不是要素，国内外还有很多争论。人们把美国另一个科技工业园区 128 公路的两度衰退归咎于政府的干预。政府的作用绝对是个要素，关键是政府起什么作用，如何起作用。经济学家往往贬低政府的作用，社会学家往往强调政府的作用，这是世界性通病。本文把政府的作用放在下一章技术政策中加以详细阐述。这里用了一个不等式来表示各要素之间必须互相协调配合，其合力效果往往大于其代数和。在前面的技术创新特性中已强调技术创新的

① 科技部，中国高新技术产业化发展报告，科学出版社，1999 年。

系统性，硅谷的成功是这5个要素共同作用的结果。这5个要素构成了一个非线性系统，从而形成了“整体不同于部分和”的效应。

13.8.1 人才是硅谷成功的首要因素

高技术园区的创业者，人们称之为现代企业家，或简称企业家。企业家并不是什么职称，也不是什么头衔，他们代表着具有三种精神的创业者。

(1) 创新精神。

他们具有一般常人所没有的敏锐眼光和商业头脑，能把新的发明、新的思想和新的知识用于新产品，并投入市场，占领市场份额。例如，1993年，美国依利诺依大学厄巴拿分校计算机科学系的学生们为了使网络搜索提高效率，想出了用图形表示的网络浏览器，被硅谷一公司的老板克拉克得知后，把这批学生中的头领安得里森“挖”过去，一起创建了著名的网景通讯公司。1999年，该公司的产值达34亿美元，使克拉克成为名列第28位的高技术100个大富豪之一。虽然网络浏览器不是克拉克发明的，但是他有敏锐的嗅觉，一下就看到它的市场前景，创业成功。这个例子同时又说明了，现代企业家不一定是新技术的发明者，更重要的是商业嗅觉和创新头脑。

(2) 创业精神。

硅谷的那些企业家，在创业的激励下，在超强的竞争压力下，废寝忘食地拼命干，一天工作10小时，一周工作7天。充满着创业激情。到底是成功的希望在鼓励着他们？还是失败的恐慌在驱使着他们？可能后者的动力比前者更大。许多企业家都是从一次又一次的失败中站起来的。承受不了失败的压力是当不了企业家的。前面已经提到，硅谷每周产生11个公司，每天产生62个百万富翁。硅谷为什么能以这么高的速度培育企业家呢？这与硅谷的激励机制和创业文化是分不开的。下面还将进一步阐述。

(3) 合作竞争精神。

竞争是技术创新的灵魂，在不断竞争的激励下，才会有持续不断的创新。但是，现代高技术产业不是靠一个人单干就能成功的。作为企业家必须与其他各色各样的人合作，才能创新立业。既要有组织团队的能力，又要有物色人才的能力；既能当千里马，又能当伯乐；既能注重短期利益，又能为长远利益而牺牲短期利益。

硅谷的人才来自两方面：一方面，大量的人才是在硅谷这样一个良好的创业环境中成长起来的，再加上有斯坦福大学和加州大学等著名学校在硅谷园区内的优越条件，这些对人才的培养和锻炼都是十分重要的；另一方面，由于硅谷的辉煌业绩和良好的创业环境成了一个人才漩涡，吸引着各种人才往这里集中。

13.8.2 一个良好的创业环境

当前，人们提起科技工业园区的环境时，往往以美丽的花园式的自然环境来加

以描绘。美丽的、无污染的和幽静的自然环境当然重要，但更重要的是创业环境。企业家来此不是为享受美好生活，主要是来创业的。创业环境主要包括三个方面：产业运作环境、社会环境和自然环境。下面不按这三个方面分别阐述，而把这三个方面的综合结果所体现的环境要素阐述如下：

(1) 一个与硅谷人的价值观念相适应的激励机制和创业文化，它包括下面几个方面：

① 勇于承担风险的创业文化：硅谷人急切地想把梦想变成现实，这种创业精神不仅使他们能忍受创业的艰苦，而且使他们能坦然地面对挫折和失败。金钱和财富固然也是动力源泉，但对于硅谷的创业者来说，它更像是成功的量度。硅谷有相当完善和经验丰富的风险投资机制和风险投资家，利用风险投资，即使创业失败，也不至于受到太大经济损失。而且更重要的是不会受到任何精神歧视。在硅谷，成功者受奖、受尊重，失败者也不受责备，有的公司甚至给失败者也授奖，只要失败不是主观因素造成的。而人们最看不起的是哪些不敢冒风险的胆小鬼。这种创业文化已经成为硅谷的社会风气；

② 吸引和留住人才的激励机制：激励机制在西方管理学中是一大学问。除了提职、提薪以外，还有各种各样激励措施。在控制理论中，激励控制也是一个热门话题，这是一个非线性控制，还可研究它的最优控制问题。把激励与企业的绩效联系起来，是一个重要原则。在众多激励措施中，期权制是一个很有效的手段，通过期权奖励公司职工，既可起到鼓励作用，又可留住人才；

③ 跳槽不仅能被公众接受，而且还受到推崇：硅谷人没有终身受雇于一个公司的信条，怀揣发明成果的人随时可能离开自己待遇优厚的职位去寻找新的机会，而且这种情况可能在同一个人身上反复出现。创办自己的企业被认为是企业家脱颖而出的捷径。也正是由于这种共识，硅谷人普遍更看好一个新企业或小公司，而不是已具规模，运转正常的大企业。这种价值观念在一定程度上降低了创业的难度，使创业者容易找到伙伴并获得帮助。因此，在硅谷每天都有新的公司出现。频繁跳槽，勇于尝试新的环境和岗位，增加了企业家获得信息、锻炼能力、拓展社会关系的机会。一旦独自创业，以前的同事和业务关系都会变成扩大业务的渠道，间接提高了创业成功的可能性。

(2) 完善的技术基础设施。

由于科技工业园区内的超强竞争以及高新技术产品的生命周期大大缩短，抢时间成为一个非常重要的因素。园区内的技术基础设施好坏对此影响很大。园区内的主导产业不同，技术基础设施也不同。对于硬件开发来说，缺一个零部件，打个电话，10 分钟之内即可送到。如利用现在的网上电子商务，则就更方便了。各种各样的仪器设备、试验条件和应用软件应有尽有。网络、通信和信息查询十分方便。空中和地面交通十分发达。

(3) 高效的管理和服务设施。

园区里有熟悉各种业务的律师事务所、公证机关和中介机构,可以帮助企业家办理一切事务,包括获得风险投资,手续都很简单。在硅谷的许多人中,只要有本事,在一个下午他就可以把一个公司组织起来。

(4) 一个孵化点子的良好环境。

在硅谷,人们到处都在交流自己的新点子,如在咖啡馆里、运动场上以及在因特网上等各种场合。不管资历高低、年龄长幼、或肤色黑白,只要有标新立异的新思想,就会受到尊重。由于这种开放式的频繁交流,硅谷的人互相很熟悉,谁在搞什么研究,谁有什么问题,有问题去找谁,构成了一个四通八达的人际网络。这种环境对于创新来说是非常重要的。在硅谷,人们既竞争,又合作,如何使这种交流按正常有序的方式进行,这就需要一个完善的保护知识产权的法律环境和人与人之间的信任关系。

(5) 一个没有种族歧视的国际大家庭。

硅谷有来自世界各国的企业家、科学家和工程师。印度和中国的企业家经营着硅谷 1/4 的高技术企业。1998 年,约有 2775 家,年销售额达 68 亿美元,创造了 58 000 个就业机会。一些人认为,外国人,尤其是亚洲人,在美国公司中工作往往有一个"玻璃天花板",很难升到高级职位。虽然占有 1/4 高技术企业,但进入美国前 100 名高技术富豪队伍的中国人仅有三位。种族歧视可能说得严重了,种族亲疏肯定是存在的。

(6) 企业孵化器。

在硅谷,企业孵化器的作用可能不是十分重要的。但在其他科技工业园区,尤其在欧洲和亚洲,企业孵化器起了很重要的作用。对于那些怀揣创新思想创业的年轻企业家来说,孵化器可帮助他们完成早期创业所需的一切准备工作,缩短他们的创业过程。由于硅谷的律师事务所、风险投资家和中介机构特别有经验,阵容强大,因此取代了孵化器的作用。

13.8.3 成熟的风险投资

全世界风险投资最成功的国家是美国,美国风险投资最成功的地方在硅谷。NASDAQ 是世界最著名的高技术股票市场。硅谷的风险投资家们对回报的期望是 30%左右。要获得这么高的期望值,据《商业周刊》的《硅谷专题报告》报道:获得风险投资的 10 个新企业中,只要有一个很成功,6 个成绩平平,3 个失败,就可达到这一期望值。美国的风险投资公司有一半以上在硅谷。在 1993~1996 年 4 年中,硅谷风险投资总额为 55 亿美元,占全国在信息技术方面投资的 37%。硅谷风险投资成功的原因主要是上面提到的有敢于冒风险的创业精神,容忍失败的创业环境,标新立异的创业文化,更重要的是集中了一大批既懂业务,又富经验的风险投资家。他们有敏锐的嗅觉和眼力,凭他们的直觉就可做出投与不投的判断,甚至

不必要作可行性研究。他们还介入新企业的组织管理,甚至有权撤换领导人。还起到了企业孵化器的作用。

13.8.4 一个超强度竞争的市场

满足瞬息万变的市场需求是硅谷发展的主要推力。由于高新技术产品开发速度大大加快,产品生命周期也随之大大缩短,甚至一个新产品在早上刚宣布上市,傍晚就被一个性能更优越的产品所取代,所以新产品能占多少市场份额,可维持多长时间是风险投资家考虑的主要因素。现代的市场不仅变化快,而且越来越个性化;要求市场不仅反应快,而且能灵活多变。硅谷的大量小型企业,机制灵活,能适应这种快速多变的市场需求。

13.8.5 美国政府的作用

前面已经提到,政府在技术创新中的作用一直是个有争议的问题。应该起什么作用?怎么起作用?是一个与时间、地点和条件紧密相关的复杂问题。但也可以总结出一些一般的规律。硅谷早期的发展和随后的快速发展也得益于政府的大力支持。关于政府的作用,将在第 14 章中作详细讨论。

13.9 技术创新管理

创新管理应将宏观经济和微观经济结合起来进行系统的分析,探讨采取什么战略,什么政策措施可促进创新发展。关于宏观管理问题,准备放在下一章进行深入探讨。本节着重讨论企业如何促进创新。对一个企业的成败来说,创新管理十分关键。本文由于篇幅所限,因此不可能作详尽的全面论述,只能就一些重要观念进行初步探讨。

13.9.1 战略定位比绩效更重要

在市场经济中,公司首先考虑的问题是怎么提高市场占有率,而不是总销售额。因为,提高销售额可以通过提高绩效或扩大经济规模来实现,而竞争对手也可以做到。要提高市场占有率,就必须要有战略优势。用通俗的话来说,绩效意味着在相同的活动中,要比对手做得更好。而战略定位则意味着要采取与对手不同的做法或从事不同的活动。

例如,国内市场一会儿出现彩电大战,一会儿又出现 VCD 大战,各个公司都想通过降低成本,扩大规模压倒对手。而对顾客来说,这些产品性能差不多,哪个便宜,当然就买哪一个了。所以,如果在绩效上竞争,将导致竞争的收敛,公司间互相拆台,打消耗战,最终政府或商会来限制竞争,或者索性把对手给买下来,兼并了之。

如果公司一开始就把竞争放在战略定位上,情况就会大不一样。美国的航空

客运能力过剩，每到旅游淡季，就竞相降价。美国西南航空公司经大量调查研究发现，有许多短途旅客往来于中等城市之间，大都是临时性出公差，他们不希望事先订票，也不带行李，希望一到机场就可走，且票价低一些。西南航空公司找到了抢占这些旅客的机会，在美国的中等城市之间，开辟短途航线，就像坐公共汽车一样方便，每 15 分钟一班，不供餐，不存行李，低票价，吸引了大量旅客。

所以，提高公司的绩效是必要的，但不是充分的。把公司的注意力首先放在战略定位上是非常重要的。

13.9.2 企业的创新管理

公司应当认识创新的中心作用，创新来自压力的挑战。公司要创造生气勃勃的、充满挑战的环境。下面是公司领导支持创新的一些做法。

(1) 制造创新的压力。

一个公司应当自己寻找压力和挑战，不应当回避它。在全球化的环境下，最好的办法是利用国际环境来制造创新冲动。例如，把产品出售给最挑剔的客户、建立最严格的产品和服务标准，寻找最先进的零部件供应商。为了刺激雇员进取、提高技能和生产率，把雇员当永久雇员来对待(包括待遇、福利、期权和培训等)。

(2) 寻找最强的对手作为创新的动力。

(3) 建立早期预警系统。

及时收集对手创新进展、市场情况和供应商情况，越早提出对策就越有利。经常与本行业的研究中心和这方面的专家保持联系，及早知道行业发展的最新动向等。

(4) 为国家和社会在该行业的发展做出贡献。

例如，一个计算机软件公司，可把淘汰下来的计算机赠给学校，一方面使学生有更好的计算机用，使国家和社会利用计算机的水平可以提高，对软件公司来说，市场也扩大了。

(5) 欢迎国内对手。

对国内对手当采取欢迎的态度。如果没有对手会丧失创新动力，会形成垄断。美国法院对微软的判决，就是出于反垄断。因为微软占领了市场的绝大份额，没有一个对手可以与它竞争。

(6) 不保护弱点。

对本企业和本国的弱点不应当采取保护政策，而应当把它作为创新的动力，努力赶上国内和国外的先进水平。

(7) 有选择地利用结盟和合作。

为了抢占市场或击败对手，有时利用合作和结盟是必要的。但不应当为短期利益而结盟，应当着眼于长远利益。

(8) 应以本国作为培养竞争优势的基地。

(9) 企业领导人应把目标放在提高国际竞争力上。

许多企业领导人只注意如何改善财政绩效、寻找政府帮助，追求企业稳定以及通过联盟和兼并来降低风险。当代企业领导人应当相信变化会给他们的组织带来持续不断创新的能量，看到在本国竞争成功的重要性。更重要的是要看到压力和挑战会给本企业创造创新动力的重要性，并着眼于提高国际竞争力。

13.9.3 集群的重要性[①]

集群(cluster)是在一个国家、州或城市的一个特定地区，公司供应商、相关产业和专门机构的地理集中。它可以发挥集聚效应。对于促进技术创新是很重要的。它主要表现在下列三个方面(与单独的公司相比较)：

(1) 由于专业公司的集中，对客户的了解和关系也比较集中，专业的发布信息的机构也比较集中，客户也比较成熟，所以，集群能更清楚地、更快地察觉客户的需要。

(2) 由于专业比较集中，对新的技术，元器件、机器、服务和营销的进展能更经常地和更快地发现。因此，集群能对新的技术、新的工艺和新的传递方法更快更早地察觉。

(3) 对技术创新的需求和机会能更早地察觉，更便于创新的实施，更灵活和更有能力。寻找解决问题的专业人员也更容易。

正像本章开始时所述，技术创新由于其重要性，受到各国政府、企业领导人的重视，其内容和案例相当丰富，本文只能就其要点和应用实例作一概括论述。读者可从本章所附参考文献作进一步的深入研究。

① 科技部，中国高新技术产业化发展报告、科学出版社，1999 年。

孔德涌

14. 技术政策

14.1 政策概述

政策是指国家领导集团为在一定时空范围内实现其意志或目标的行为准则，并往往表现为政府的政治行为。也可以说，政策是政府规范、引导有关机构团体和个人行动的准则或指南，是弱化的法律，以至带有一定的强制性。政策不同于一般的决策，而是决策的指导方针；高层政策是下层决策的规范。

政策本身是一个概念系统，实质上是一个施控系统，而政策对象则成为受控系统，并通过反馈使这两者成为一个控制系统，可称为政策控制系统，也可以说是社会控制系统的一个子系统。政策作为施控系统对受控系统，即对人们的思想、社会行为产生影响，进行干预和指导，给予规范和限制等，并通过反馈信息将政策实施的效果返回施控系统，以引起政策制定系统的改进。

一般地，要形成一个优化的政策系统，必须首先制定优化的元政策，即制定如何指导制定优化政策的政策，作为规范与引导政策制定行为本身的准则或指南，以致改进整个的政策制定系统。

按不同标准，政策可分为不同类型：按时效，可分为长期和短期政策；按性质，可以分为基本的、具体的和特殊的政策；按行业，可分为工业、农业、国防、经济、科技政策等；按调控作用，可分为指导方向的政策——战略性政策和指导行为的政策——策略性政策；在特殊情况下，还有特殊政策。

基本政策是一种全面的、广泛的政策，即一种具有指导原则的主导政策；而具体政策是基本政策外的有关政策，应贯彻基本政策的原则，尽管在一些特定条件下不完全与其一致，但至少不能完全与之相悖。在时效上，基本政策往往就是长期性政策，而具体政策往往表现为短期政策。

在政策系统中，可以把基本政策视作系统的慢变量或序参量，而将具体政策视为快变量，前者支配着后者的变化。这样，基本政策与战略性政策、具体政策与策略性政策在性质和作用等方面都具有一致性。

14.2 一般技术政策

技术政策是政治实体在一定时期内对技术的发展所作的指导性原则。主要内容有：根据当时国内外政治、经济和科技发展态势和科学技术自身的发展规律以及

政治实体的需要,确立科学技术在经济、社会和环境持续发展中的地位和作用,制定一定时期技术的发展战略、发展方向和采取的方针措施等。

技术政策作用于技术系统。根据第 1 章 1.2.3 部分对技术系统的论述,技术系统是他组织与自组织系统相结合的系统。它由输入子系统、运作子系统和输出子系统组成。输入子系统对其他两个子系统而言是他组织系统,它所起的他组织作用要通过自组织系统才能起作用。在更复杂的社会技术中,同时应用他组织与自组织结合的理论,如上层对下层的控制作用。所以,技术政策实际上是技术系统的输入子系统,起着调控作用。

一国的技术政策是根据该国政治实体提出的总目标、总路线所规定的、与技术相关的各种基本行动准则。随着国际、国内时代背景的变迁,总目标和总路线也将随之而变,因此,一国的技术政策也将适应历史的潮流作相应的调整,即与时俱进。历史已经证明,哪个国家适应得快,哪个国家将引导历史潮流。

14.3 论中国技术政策

14.3.1 中国技术政策的动态性

自我国建国以来,经过 53 年的努力,从科学技术发展梗概来看,我国已经从一个科学技术极其落后的国家,发展成为一个拥有一定科学技术攻坚能力的国家。蓬勃发展的科学技术,有力地促进了我国经济建设和社会发展,为到 21 世纪中叶全面地建成知识型强国奠定了基础。

然而,我国科学技术事业的发展并不是一帆风顺的,它经历了曲折的道路。从发展的过程来看,大体上可以分为四个阶段。

A. 第一阶段(1949～1966 年)

我国古代,在科学技术方面,曾经创造过辉煌的成就,众所周知的是“四大发明”,即火药、指南针、造纸和印刷术,但实际上远远不止。美国学者,罗伯特·K·G·坦普尔所著《飞龙国家——中国 4000 年的发明》一书中指出,现代世界赖以建立的基本发明创造,可能有半数以上源自中国。除了四大发明以外,现代农业、现代航运、现代石油工业、现代气象观测、现代音乐、十进制数、纸币、多级火箭、水下鱼雷、毒气、枪炮、降落伞、载人飞行、白兰地、威士忌、甚至蒸汽机的核心设计等等,都源于中国。坦普尔认为,人们之所以不知道这些事实,原因之一是中国人忽视了自己的成就。但是在近代,中国的科学技术却落后了。1928～1947 年的 20 年间,高等学校毕业生总共不过 18 万人。1949 年,新中国刚成立时,全国科学技术人员不超过 5 万人,其中专门从事科学研究工作的不超过 500 人,专门的科学研究机构只有 30 多个。较有基础的科学研究,主要是结合中国自然条件和资源特点的地质

科学和生物学的分类研究，现代科学技术几乎是空白。工业生产技术大都很陈旧，农业生产主要是依靠传统的经验和落后的工具。

新中国刚一成立，人民政府就用很大精力关注科学技术事业的发展，首先开始了科学技术机构的组织建设工作。1949 年 11 月，在旧中国中央研究院和北平研究院的基础上，成立了中国科学院，调集了大批优秀科学家加以充实。各个产业部门和各省、市、自治区也相继成立了一批研究机构。到 1955 年，全国科学技术机构已有 840 多个，科学技术人员增加了 40 多万人。科学技术工作已初具规模。这支力量在经济恢复时期和第一个五年计划期间，发挥了积极的作用。

1956 年，随着经济建设高潮的到来，我国召开了全国知识分子问题会议，指明了科学技术在社会主义建设中的重大作用，号召全国人民“向科学进军”。同时，吸引了一批在国外留学和工作的专家、学者回国工作，他们在我国的现代科学技术发展中，起到了极其重要的作用，做出了巨大贡献。紧接着，国务院成立了规划委员会，组织全国 600 多位科学家和技术专家，制定了我国第一个长期的科学技术发展规划，即《1956 至 1967 年全国科学技术发展远景规划》。这个规划根据国家经济建设和国防建设的需要，拟订了 57 项任务，包括基础研究、应用研究和发展研究的一系列重要课题，其中最为重要的是，采取了发展计算技术、半导体技术、自动化技术、无线电技术、核技术和喷气技术等六大紧急措施。从此，我国的一系列新兴技术从无到有地发展起来，并促进了一系列新兴工业部门的诞生和壮大。经过短短几年的努力，中国的科技事业发生了根本性的变化，缩短了与世界先进水平的差距，开始走上现代化的道路。这是由于根据当时国内外形势和国家发展的总体目标，提出了正确的科学技术政策所取得的成绩。

但是，在 1958 年“大跃进”和 1959 年“反右倾”斗争时期，出现了不按科学态度办事的思想，在科技战线也出现了瞎指挥、浮夸风和急于求成等现象，使科学技术的正常秩序遭到干扰和破坏。

1961 年，在贯彻执行国民经济调整方针的同时，也调整了科学技术工作。1961 年 6 月，国家批准了由国家科委和中国科学院共同制定的《关于自然科学研究机构当前工作的十四条意见》(简称“科研十四条”)。对“大跃进”以来科技战线各种“错误”的思想表现进行了清理，并对科技工作中的一些政策问题，作了新的规定和澄清，其中最突出的是，提出了科研单位的根本任务是“出成果、出人才”。这些政策规定，保证了科研工作得以正常进行，调动了广大科技人员的积极性。

1962 年 2 月，在广州举行的全国科技工作会议和戏剧创作会议上，重申了知识分子的绝大多数是爱国的、进步的，是为社会主义服务的，工人、农民、知识分子是我国劳动人民中的三个组成部分。这个正确的估价，激发了广大科技人员的爱国热情和工作积极性。1962 年，在提前 5 年基本完成《1956 年至 1967 年全国科学技术发展远景规划》的基础上，国家科委制定了《1963 年至 1972 年科学技术发展规划》。这个规划安排了重点科研项目 374 项，其中国民经济和国防建设急需项目

333项，基础研究项目41项。在这个规划的指导下，广大科技人员发扬自力更生、奋发图强精神，勇敢地挑起重担，保证了重大建设工程的顺利进行，并且在1964年10月，成功地进行了第一次核试验。这集中地反映了我国科技人员的聪明才智，以及一系列科技领域所达到的水平。

B. 第二阶段(1966～1976年)

1966年开始，我国持续了10年的“文化大革命”，使我国科学技术事业受到了严重破坏。

C. 第三阶段(1977～1980年)

(1) 从1977年开始，在较短时间内恢复和重建了一大批科研机构、科技管理机构和学术机构。国家科学技术委员会和地方科学技术委员会相继恢复，各部门、各地方的一些重要科研机构也陆续恢复。全国科学技术协会和各专门学会都积极开展了工作。在整顿工作中特别注意了思想整顿和组织整顿工作。

(2) 抓紧落实知识分子政策，推倒各种硬加在知识分子头上的污蔑和不实之词，平反了一大批科技人员中的冤假错案。对于确有真才实学而用非所学的专门人才，重新调回到科学技术工作岗位。1978年开始恢复了科技人员的职称，建立了考核制度，保证科技人员每周至少有六分之五的时间用于从事业务工作。

(3) 在全国范围内制定新的科学技术发展规划。全国组织了二万多名科学家、专家、干部进行酝酿和讨论，由国家科委负责主持，起草了《1978～1985年全国科学技术发展规划纲要(草案)》。

1978年3月，我国召开了有6000多名代表参加的全国科学大会，会上提出了我国发展科学技术的一系列重要政策，通过了《1978～1985年全国科学技术发展规划纲要》，激励着全国广大科技人员向现代科学技术进军。大会还交流了工作经验，评选出657项科技成果，奖励了862个先进集体和1192个先进个人。

全国科学大会通过的《1978～1985年全国科学技术发展规划纲要》，对自然资源、农业、工业、国防、交通运输、海洋、环境保护、医药卫生、文教、财贸等27个领域和基础科学、技术科学两大门类的科学技术研究任务，做了全面安排，从中确定了108个全国重点研究项目。在这27个领域的108个重点项目中，把农业、能源、材料、电子计算机、激光、太空科学技术、高能物理、遗传工程等8个影响全局的综合性课题，放在突出的地位。这个规划所包括的主要内容，到1982年改为38项国家级科技攻关项目，逐步落到实处。

全国科学大会后，我国主要转向现代化建设，对我国科学技术事业的发展带来了深刻的影响，大大提高了科学技术在现代化的社会主义国家中的地位和作用，也标志着我国科学技术事业进入了一个新的发展阶段。科学大会后的两三年来，我国科学技术的

许多方面，都有了迅速的发展。据统计，1979 年国务院各部委和 29 个省、自治区、直辖市上报的重要科学技术研究成果，共计 3270 项，比过去十年的总数还多一些。

D. 第四阶段(1981 年～)

1981 年以来，我国的科学技术事业发生了巨大而深刻的变化，呈现出蓬勃发展的新局面。在这期间，党中央、国务院明确提出了我国发展科学技术的基本方针，做出了《中共中央关于科学技术体制改革的决定》，研究制定了若干主要领域的技术政策和到 2000 年的科技发展规划设想，调整了科学技术发展战略，壮大了科学技术队伍，加强了国际科学技术交流合作等等。并提出科学技术发展的系统战略设想。

总之，中国经过几千年的摸索和奋斗，终于找到了通过科技进步促进经济发展和社会进步的道路。

14.3.2 中国技术政策的系统性

技术系统是整个文化大系统中的一个子系统。它与社会其他子系统有着密切的关系。因此，在制定科学技术政策时必须从整个社会发展目标出发考虑各子系统之间的相互影响，以求得各子系统之间的协调发展。20 世纪 70 年代，一些国家的科学很发达，人均诺贝尔奖获得数最高，但经济上不去。一些国家科学和技术都很发达，但经济也上不去。因此，科学技术不是一个孤立系统，它与经济、社会发展，以及精神文明建设都有密切关系，是双向的、互动的关系。所以，在制定技术政策时，必须把科学技术系统放到一个大系统中去考虑。技术政策的系统性主要体现在两个方面：一是技术发展政策，一是技术管理体制的改革政策。

A. 科学技术发展政策

1985 年 3 月，我国在《关于科技体制改革的决定》中，进一步明确了“经济建设依靠科学技术，科技工作面向经济建设”的战略方针。由此，科技工作形成了三个层次的格局。

(1) 面向经济建设主战场。

即直接为 20 世纪末国民生产总值翻两番服务的研究开发工作。建国以来，我国已建成了比较完整的工业体系，这是我国国民经济的主体，是社会主义现代化建设的基础。我国国民生产总值的大部分还是来自传统产业，如果科技工作把这大部分扔下不管，集中主要力量去搞高技术，这是不恰当的，我们的设想是用高技术、新技术的成果去改造传统产业。当时，我国传统产业的突出问题是技术比较落后，设备陈旧，管理水平低，产品性能和质量差，能源和材料消耗高，缺乏竞争能力，亟待进行技术改造。而我国资源情况又不允许长期浪费下去。我国的人口占世界总

人口的22%，人均占有土地仅为世界人均占有量的1/3，淡水占有量的1/4，森林占有量的1/5，矿产资源占有量还不到1/2。

因此，在资源相对贫乏、技术和设备落后的情况下，必须用先进的技术对传统产业进行改造，才能在国际市场上竞争。所以把改造传统产业作为科技工作的主战场是完全正确的。

(2) 高技术研究及其产业化。

高新技术产业的劳动生产率高，一般来说，是传统产业的10倍，是手工业的100倍。而且单位产值的物耗和能耗小，更重要的是，它对传统产业改造的效益高。另一方面，从国家安全的角度来看，也需要发展高技术及其产业。再从经济科技全球化的视野来看，缺乏技术含量的产品在国际市场上是会失去竞争力的。所以，高新技术产业劳动生产率高，投入产出比大，而且达到同样产值的物耗和能耗小，适合中国的国情。

(3) 基础研究和应用基础研究。

它是指导人们改造世界的科学原理和哲学基础，也是科技发展的后盾和源泉。如果没有一批在基础科学方面具有深厚造诣的科学家的无私忘我的贡献，中国不可能在原子能、航天和其他国防技术方面取得举世瞩目的成就。

一般说来，科学或基础研究基本上是认识世界，而技术则是改造世界。但是，一些学者认为：现代科学技术的发展已使科学和技术在许多交叉领域变得不可分了。而另一些学者认为，两者不可混为一谈。支持前一种观点的英国科学分析家约翰·欧文指出："科学正在成为技术"。下面将举一些具体例子来说明这一论点。

① 微电子电路的集成度已经达到相当高的程度。它的线宽已经达到分子量级，一些现象要用分子学来加以解释；

② 一些新学科是在实践中产生的。例如，随着飞机速度的上升，周围空气温度也上升，产生了空气热动力学。随着飞机速度的进一步上升，周围空气分子发生电离，又产生了磁热动力学；

③ 一些新兴高技术，如生物技术、超导技术已很难说是属于技术还是科学。实际上是二者兼而有之；

④ 技术的飞速进步，为科学研究创造了条件。例如，现在的理论物理、高能物理研究已离不开加速器。现代的电子显微镜已能观察到基因的结构等等，不胜枚举。

实际上，基础研究和应用基础研究从追求知识和考虑应用两个维度来加以审视的话，可以用司托克斯的四重图[①]来表示：

① [美]D. E 司托克斯著，周春彦、谷春立译，基础科学与技术创新 巴斯德象限，科学出版社，1999。

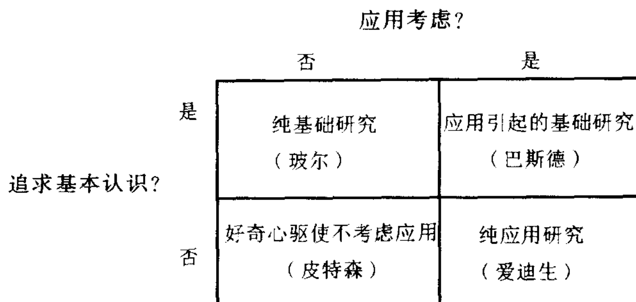


图 14-1 司托克斯的四重图

过去,一些学者认为,只有玻尔和皮特森象限才属科学,考虑应用就不属科学了,这就未免太偏激了。现在大多数学者认为这四个象限都属科学研究,政府最应当支持的是巴斯德象限。从这里也可看到,巴斯德和爱迪生象限已与技术交接了。

需要着重指出的是,从管理的角度来审视,科学应强调自由探索,而技术应强调择优支持。所以,从管理的角度来说,两者应当区分开。

综上所述,三个层次的战略部署已经覆盖了科学技术发展的整个过程。每个层次都有它独特的作用,缺一不可。从当前的战略角度来看,研究开发经费在三个层次投入的比例大约是 7∶2∶1。从现代西方发达国家来看,有的国家第三层次的投入比例约达 16%～17%。所以,随着今后国民经济的发展,后两个层次的比例应逐步提高。

科学技术发展政策的内涵实际上蕴含在人类社会的实践和认识的关系之中(见图 14-2)。从图中可看到,这个关系是个正反馈关系①。科学技术政策的目的在于使每一循环的增量尽可能大、循环的周期尽可能短,使科技、经济和社会发展大大加快。

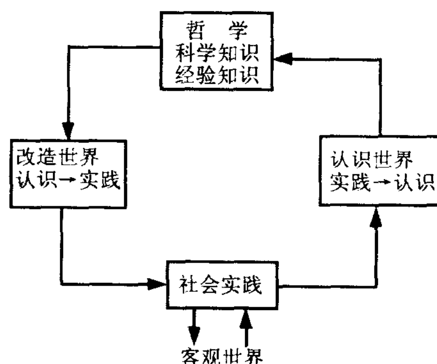


图 14-2 人类社会实践和认识的关系

① 戴汝为、于景元等,开放的复杂巨系统,浙江科学技术出版社,1996 年。

B. 科学技术管理体制的改革政策

(1) 科技体制改革的进程。

科技体制改革是我国改革开放事业的组成部分,是与经济体制改革相互配套的重大工程。1985 年 3 月,全国科技工作会议上提出:"经济体制、科技体制,这两方面的改革都是为了解放生产力。新的经济体制应该是有利于技术进步的体制,新的科技体制应该是有利于经济发展的体制。双管齐下,长期存在的科技与经济脱节的问题,有可能得到比较好的解决。"科技体制改革紧紧围绕科技与经济相结合这个核心问题,从科技系统内部改革起步,推动农村、企业及全社会科技进步。先后进行了开放技术市场、改革科技拨款制度、放活科研机构、放活科技人员管理、促进科技与经济的横向联合和推动科技长入经济等工作,科技系统新的运行机制开始形成。

1996 年,国务院又做出了关于"九五"期间深化科学技术体制改革的决定,进一步强调在"九五"期间,"科技体制改革以独立科研机构,中央部门所属科研机构为重点",并提出了"推动科研机构面向经济建设主战场","优化基础性科研机构的结构和布局","有条件的社会公益性研究机构实行开放式管理和社会化服务"等主要任务[①]。因此,1999 年的 242 个院所的大转制在科技体制改革的早期就提出来了,但因为这一改革的影响面太大,只是在 1998 年中国政府机构进行了重组,15 个原来的独立的部变为经贸委下属的局,原有部管理的院所何去何从的问题因此而突出,这才引发了这场 242 个院所的大转制和所有地方政府下属科研机构的转制。经过了相当长时间的酝酿和讨论之后,1999 年 2 月,国务院办公厅转发了科技部、国家经贸委等六部门(关于国家经贸委管理的 10 个国家局所属科研机构管理体制改革意见),明确国家经贸委管理的 10 个国家局所属 242 个国家局属科研机构在 1999 年 6 月底前全部完成转制工作。

(2) 科技体制改革的进展与问题。

十多年来,从面向经济建设目标来看,中国科技体制改革取得了重要进展。统计数据可以从一定程度上揭示这种进展。但由于统计数据的不完整,以及由于统计方法、统计数据方面存在的不足,统计数据分析有时难以真正揭示改革进展的实质。

① 研究开发机构的科技经费来自市场的不断增加,但在全国总的研究开发经费中所占比例在减少。

科研机构中经费收入结构的巨大变化,横向收入占有越来越高的比例,特别是来自企业的经费不断增加。1986 年,科研机构科技经费收入中,政府拨款占 63%,横向收入仅占 26%;1995 年,科研机构的横向收入已增加到占 49.4%;1997 年,横

① 科技部,中国科技发展研究报告,社会科学文献出版社,2000 年。

向收入达 254 亿元，比上年增长 17%，其中来自企业的 62 亿元，比上年增长 44%。横向收入的增多反映了科研机构面向市场的科研活动的加强。技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务是大多数科研机构面向市场的重要形式。按现价计算，1991～1995 年，科研机构在这方面的收入由 31 亿元增加到 77.3 亿元，年均增长 25.7%，其占科研机构经费总收入的比重由 19.2%提高到 21.4%，1997 年进一步上升到占 22.6%。虽然科研机构的 R&D 经费支出一直呈不断增长的趋势，但占全国 R&D 经费支出的比例呈下降趋势。1990 年 R&D 经费支出为 62.8 亿元，1998 年增加到 235 亿元。1986 年科研机构 R&D 经费支出占全国 R&D 经费支出的比例高达 60%，1990 年下降到约占 50%，1998 年约占 43%。

② 与企业的联系不断加强。

在近年的科技统计工作中，对科研机构与企业的联系方式进行了调查，但由于统计口径不一，数据波动变化甚大，不能简单地进行比较。这里仅列出一些年份的数据，以显示其变化。1988 年，科研机构进入大中型企业或企业集团的有 361 个，领办、承包中小企业的有 345 个，参加或成为企业技术开发中心的有 317 个，与企业联合组成工程或技术成套公司的 170 个，与企业联合开发技术的 1060 个，至 1991 年，这些数字分别变为 279 个，247 个，265 个，98 个，797 个。1995 年民用 4800 多个科研机构中，进入企业或企业集团的有 645 个，与企业有固定合作关系的 666 个，1997 年，这些数字分别是 284 个和 1326 个。

发展科技产业是科研机构面向经济建设的最重要举措。实行技工贸一体化生产和经营，是大部分科研机构发展科技产业的主要模式。1986 年以来民用科研机构的技工贸一体化生产经营收入，除 1996 年比 1995 年略有下降外，其他年份均有较大幅度的增长。1997 年技工贸一体化生产经营收入达 152.6 亿，比上年增长 21.2%。1986～1997 年间，年均增长 22.9%。生产经营收入占科研机构总收入的份额在 80 年代逐年上升，至 90 年代基本上稳定在 1/3 左右。

以多种形式创办具有法人地位的经济实体从事生产和经营活动，是科研机构发展科技产业的另一重要模式。经过初始阶段的快速发展后，至 1994 年，科研机构下属的经济实体已进入稳步发展阶段。其主要特点是：经济实体数量和人员规模在减少，但其经济规模却保持着稳定增长的趋势。1994 年，民用科研机构下属的经济实体有 4973 个，1997 年减少到 4334 个，减少了 13%，其人员规模也从 15.1 万人减少到 9 万人。但 1997 年其总收入为 174.9 亿元，比上年增长 7.6%，是 1992 年的 3.4 倍，年均增长 28%。1997 年，这些经济实体生产的高技术产品共有 2095 种，产值达 95.3 亿元，销售额达 84.7 亿元，出口额为 1.3 亿美元。

③ 科研机构不断进行结构调整。

以 1996 年为例，有 372 个机构进入了企业或企业集团，有 452 个机构已成为科技型企业，这些机构实际上已不能再看作是独立科研机构。此外，还有 1324 个机构已成为集研究、开发、工程和生产销售于一体的机构，它们在某种程度上也不

再具备原来独立科研机构的性质。这就是说，可能有近两千个科研机构已在性质上区别于原来的独立科研机构。但是在统计工作中，由于多方面的原因，这些机构可能仍然还要继续归属于独立科研机构，统计数字中科研机构的数目目前不会有很大的变化。

在取得进展的同时，科技体制改革的深层次问题不断显现：

首先，是科技体制改革对中国科技实力的影响。且不说中国在国际上的排位徘徊不前甚至下降，单从中国的国家自然科学一等奖数次空缺，大的成果难以出现来看，中国的科技实力并没有实质性的增强。问题出在哪里？当然有科技自身的问题，比如条块分割、力量分散、短期行为严重等，但从投入决定产出的角度来分析，我们的投入怎么样呢？科技投入从 90 年代以来就一直停滞不前，"巧妇难为无米之炊"，科技发展受到科技投入严重不足的制约。近年来，科技投入有明显增长，2003 年 R&D 投入已占 GDP 的 1.3%。

其次，看科技与经济发展之间的关系。中国"面向、依靠"方针对科技与经济两个方面都提出了要求，现在技术开发类机构面向市场的变化有目共睹，但企业的情况却没有根本的好转，对技术的需求严重不足，或者虽有心而无力投入，企业没有真正成为创新的主体，这样，即使科研机构改革再到位，也解决不了企业的问题。

最后，看是否调动了科技人员的积极性。改革以来，国家对科技的投入不足，科技人员待遇低、住房困难等问题依然存在；事业单位的养老、医疗保障系统迟迟未能建立，科技人员后顾之忧没有解决；干部管理体制僵化，职称制度落后，让科技人员难以心情舒畅；户籍、子女入学、住房等僵化制度使人员流动困难重重。这些问题都不是科研机构自身能够解决的。近年来，这些情况都有比较大的改进。

因此，从上述三个标准来看，改革成效都不理想，而主要原因是改革受到外部条件的严重制约。从科研院所进入企业这一方面看，中国多年来一直鼓励科研院所进入企业，但科研机构进入企业并不顺利。按理说，随着改革的不断深入，科研机构进入企业的数目会逐年增加，至少累积数目应该如此，如 1995 年有 325 个机构进入大中企业，有 320 个机构进入企业集团；1996 年有 372 个机构进入企业或企业集团，1997 年只有 284 个机构进入企业成为企业的技术开发机构。这种变化反映了科研机构进入企业或企业集团，成为企业的科研机构的困难。因为这种"进入"最根本的要取决于企业的战略、需求和实力，在当前国企改革、企业自身发展呈波动变化的情况下，科研机构进入企业也不可避免地会出现波动变化。而就已进入企业的机构而言，如果经营状况不佳，或者双方的关系相处不好，有些也可能会重新撤出。统计显示已进入企业的科研机构的发展并不很理想，1997 年，全国科研机构中科技经费较充足的机构约占 7.6%，进入企业的科研机构，经费充足的占 12.7%，经费紧张的科研机构占全国 61.7%，进入企业的占 60.5%，任务较饱满的科研机构占全国 43%，进入企业的占 36.2%，认为发展潜力较大的科研机构占全国 78%，进入企业的仅占 41.3%。同时，科研机构进入企业可能有多种方式，目前较普遍的有三种：一种是整

体进入，即科研机构以相对独立的法人地位进入企业，机构本身可能并无多大变化，这类进入一旦遇到困难，很容易撤出；另一种是解体进入，即科研机构进入企业既不保持相对独立，也不保留法人地位，完全融入企业之中，这类进入较为稳定；再一种是部分进入，即科研机构的某些专业研究室进入企业，有的甚至多头进入，这类进入一般也不很稳定，存在着因情况改变而撤出的可能性。

科研院所进入企业难的因素有：

① 科研机构自身难以企业化。

科研机构自身企业化，并不是一种理想的模式。因为从专业化分工的角度来说，科研机构在研究开发方面有优势，但缺少企业化所需要的生产经营能力，缺少生产、销售、管理等方面的人才，企业化并不一定能实现最好的社会效益。然而在中国目前的情况下，这又是一个不得不鼓励发展的模式，因为它很可能是中国推动结构调整和将科技成果转化为生产力的最现实的模式。科研机构自身企业化也有不同方式，目前较为普遍的是自办经济实体，但自办经济实体并不是一种完全企业化的指标，因为自办经济实体的数目有多有少，规模有大有小。实际上，中国目前几乎所有的科研机构，甚至包括科学研究机构都不同程度地办有经济实体，显然不能说这些机构都已实现企业化。最重要的企业化方式可能是科研机构发展成科技企业。1996 年，有 452 个科研机构已变成科技企业，虽然没有 1997 年的数据，但是可以想象到，由于还存在着一些不确定的因素，科研机构变成科技企业的数目不一定就是稳步增长的关系。

② 科技人员分流进入企业。

近两年来，中国科研机构的人员外流已呈减少的趋势。在过去，科研机构大多数外流人员是进入政府部门，进入企业的甚少，而在进入企业之中的又有相当一部分是进入外企或三资企业，这与我们推进人员分流的目的并不完全相符。人员分流的重要目的是促进科研机构中过多的人员流入国内企业，帮助提高国内企业的科技能力，而这种流入又主要取决于企业的需求、实力、潜力和吸引力。近年来，科技人员的分流大多以随科研机构的整体转向的隐型形式出现，如科研机构的各种企业化方式，与企业的合作，为企业服务等，都有大量的科技人员参与。这种分流的数目很大，而且呈增长趋势，据对中央民用科研机构的统计，1997 年有职工约 30 万，专业技术人员约 24 万人，但承担 R&D 课题的人员仅 6 万人，占职工总数的比例仅 20%，占专业技术人员的比例也只有 26%。这说明科研机构中 70%以上的人员已在一定程度上被分流。

③ 除上述因素外，还有一些问题是与国家的发展、改革密切相关：

第一是期望、需求与现实发展之间的矛盾。随着中国经济的发展，对科技发展的需求和所寄予的期望越来越高，改革的现有进展似乎难以满足这种日益增高的期望。特别表现在近两年对知识经济和高技术产业发展的关注，进一步提高了对加速科技成果转化和实现科技产业化的期望，而科技体制改革以来，虽对加速科技

成果转化采取了不少措施,然而科技成果转化的状况和科技产业化的步伐仍然难以令人满意。

第二是改革目标与现实进展之间存在的距离。特别是"九五"期间所确立的改革目标,到1998年时,改革进展似乎与之仍存在着相当的距离。这种距离表现在两个方面。一是在表面上、形式上存在的距离,主要是科研机构数目和职工数目在统计数据上没有较明显的变化。受长期计划经济的影响,中国是一个十分重视"指标数量"的国家,过去人们曾习惯把科研机构数目、科研人员数目的增长作为科技发展成就的重要指标,在改革中,有的似乎又趋向于把科研机构数目的减少、机构中人员的减少作为衡量改革成就的指标。虽然正如上面对统计数据分析表明的,中国独立科研机构的转制、机构中的人员分流实际上已有很大进展,但由于某些指标表面上、形式上没有较大变化,影响了人们对改革进展的认识。二是在实质上的距离,主要是思想认识、行动方式上仍存在着差距。改革发展至今,抵制改革、不愿改革的思想可能已不复存在,但在改革过程中,等、靠、看等消极被动思想并未完全消除。政府的改革方针和措施是明确的和有力的,但在执行过程中采取了较为渐进的和灵活的方式,如改革规定中一般没有对改革方式和改革完成时间作强行规定,提出的要求常常是"有条件的科研机构"应如何如何,"鼓励"怎样做等,这在一定时期对保证科研机构改革稳定健康的发展是有意义的,但也给一些机构在改革方式、时间上留下了回旋余地,使许多科研机构在从根本上进行结构改革方面或者犹豫不前、或者等待观望。

第三是改革旧科技体系所引发的一些矛盾,需要在深化改革中进一步化解或转化。这方面的主要矛盾有:

总体与局部的矛盾。人们特别关注的是,改革虽然从总体上提高了中国的科技实力和科技竞争能力,但在某些局部领域或局部问题上,也存在着走"下坡路"的危险。如组织结构方面虽出现了新的生长点,但研究所的作用被过度削弱;资源配置虽有改善,但未能优化;科技产出虽有增加,但质量不高。有报告甚至认为,改革促使了技术转移界面向下游转移的趋势,降低了研究开发资源效益,导致"上游真空"。

理想模式与现实存在的矛盾。中国的旧科技体系受前苏联模式的影响较大,弊端较多。改革过程中,人们常常把美国等先进发达国家的模式作为参照体系,但中国有自己的国情,中国的现实与理想模式的建立仍存在着相当大的距离,特别是中国的企业。而现已存在的大量科研机构的资源和研究开发优势,如不能有效地加以使用,也会是重大的浪费和损失。

知识的应用需求与知识储备不足的矛盾。形成中国科技体制改革指导思想的重要前提和假设是:科技与经济建设结合不好,科技成果多,未能有效转化。因此,改革的重心是加强知识的应用,促进科技成果转化。然而科技成果转化中暴露的一些实际问题,如科技成果的质量不高、竞争力不强等又显示了中国的知识生产并不容乐观。转化中缺少优秀科技成果,科技不能满足企业效益增长的需求,说明

“知识储备不足”也是一个不容忽视的问题。

市场机制本身的缺陷。中国的社会主义市场经济还处在发育的早期阶段，加上规范市场行为的法规还不够完善，市场机制所产生的作用有时就不可避免地会有消极的一面。如过分地追求短期利益，使部分长远的研究目标和研究能力受到影响；过分地追求利润、追求“创收”使学术风气、学术水平受到一定影响；过分地强调商品化，使部分本应属于“公益事业”的科学研究也演变为商业活动；过分地强调竞争，影响了科研机构和企业之间的密切合作。

(3) 1999 年的大转制。

正是在上述背景下，国务院于 1999 年 2 月果断做出 242 个国家局属科研机构限时转制的决定，这是科技体制改革在新形势下深化的需要和必然的结果，是打破在各种矛盾影响下形成的徘徊不前局面而取得的新的重大突破。

大转制的准备工作实际上从 1998 年已开始着手。这一年，国务院把实施科教兴国战略作为本届政府最大的任务，并成立了国家科技教育领导小组，加强对全国科技和教育工作的宏观领导和协调。之后国务院采取了多项重大举措，加快了科技教育改革与发展的步伐。

特别是在 1998 年的上半年，国家批准了中科院实施“知识创新工程”的试点工作。中科院把这一试点作为推动中科院改革和发展的重大机遇，精心筹划、认真组织、积极探索、稳步实施，先期启动了 12 个所的创新基地试点。经过几个月的扎实工作，在结构调整、转变机制、人才分流和吸引优秀人才等方面，取得了良好开端。其中，中科院计算所的改革尤为引人关注，被一些媒体誉为中国科技体制改革的重要突破。计算所的改革之所以引人注目，主要在于它在重组方面的大动作。它虽然也是采取进入企业的方式，但却并不是简单的整体进入，而是通过动“大手术”后的进入。一个 1000 多人的著名大所，仅保留精干的 100 多人的研究队伍，其余的以各种方式分流，其中相当一部分人以计算所二部的名义进入联想集团，实行企业化管理。新研究所实行“理事会”的管理方式，既是联想集团的研究院，又继续是中科院下属的国家研究所。计算所的改革模式十分重要，因为它从理论和实践上揭示了科研机构进行根本性组织结构改造的可能性和方向。联想集团，作为在计算所基础上发展起来和分离出来的企业，作为一家有很高知名度、并有雄厚实力的高技术集团，从整体上接纳计算所的进入，也许并非难事。但中科院、联想集团和计算所却并没有这样作。因为他们明白，那种不加改造的全部进入既不能达到对科研机构进行根本性改革的目的，也不利于企业的发展。计算所的改革模式对全国科研机构的改革，特别是中央大院大所的改革，无疑产生了较大的影响。作为中科院的一个研究所，尚且能这样大幅度改革，作为产业部门的研究院所，更需要也更有可能进行大幅度改革。

1998 年，其他中央部门所属科研究机构的改革步伐已在明显加快。1998 年 12 月，国务院召开会议，专门研究了国家经贸委归口管理的 10 个国家局所属机构的改

革问题。会议决定,至1999年6月30日前,10个国家局所属242个国家局属科研机构都要完成管理体制的改革。总的方向是通过改革推动科研院所转制,进入市场,实行企业化经营,促进科技成果的产业化,推进科技与经济的密切结合。1999年2月,国务院办公厅转发了科技部、国家经贸委等六部门《关于国家经贸委管理的10个国家局所属科研机构管理体制改革意见》,明确242个国家局属科研机构可以从实际情况出发,自主选择改革方式,包括转变成企业、整体或部门进入企业、转为中介机构等。科研机构转制后,要按照有关规定办理法人注册登记,并且对转制的科研机构予以一系列优惠政策。1999年3月,科技部、国家经贸委等十二个部门联合发出了(关于印发《关于国家经贸委管理的10个国家局所属科研机构管理体制改革的实施意见》的通知),提出了242个国家局属科研机构转制的具体实施意见和相应配套政策,并进一步明确了转制工作的组织实施,以确保转制工作按期完成。1999年5月,科技部和国家经贸委在京联合召开10个国家局所属的242个国家局属科研机构改革座谈会,标志着10个产业部门所属科研机构管理体制改革方案开始进入具体实施阶段。242个国家局属科研机构的转制方案为:131个院所进入企业(集团);40个院所转为科技型企业,实行属地化管理;18个院所保留事业单位性质,转制为中介机构;24个院所并入学校划转其他部或撤并;12个(涉及29个院所)转为中央直属大型科技企业。后来,此方案基本上实行了。

中央关于242个国家局属科研机构转制决定是全国科技体制改革的一个重要突破,将对全局起到重要的示范推动作用。

中国科技体制改革近20年的经验显示,只有推动科研机构较全面、彻底的转制,才能从根本上解决科技与经济结合的体制与机制问题。部分的、局部的转制虽然一直在稳步推进,并富有成效,但科研机构的产业化规模并未发展起来,企业仍未成为技术开发的主体,人们因而仍然难以感受到中国科技体制发生的实质性变化。242个国家局属科研机构的大转制,将为全国科研机构实行全面、彻底的改革探索道路,积累经验,并起到重要的示范和带动作用,从而推动中国科技体制改革取得突破性的进展。

242个机构的转制,对于促进中国科技产业化的发展,意义重大。促进科技产业化,发展高科技产业,使科学技术发展对经济发展做出最大的贡献,一直是中国科技体制改革的重要目标,但目前改革的力度和步伐似乎都难以实现这种目标。242个国家局属科研机构约有职工12万多人,固定资产150多亿元,技术开发实力强,一直是产业研究开发的"国家队",它们的这次转制改革,实质上是以科技产业化为核心,把科技资源优化高效地配置在发展高技术产业的目标上,这将有利于形成高新技术产业发展的新的生长点,推动中国高新技术产业更快的发展。转制有利于战略高技术和重大共性技术的研究开发工作。因为在转制过程中,政府对面向市场的研究开发工作的支持将进行重大调整,从过去的支持科技项目为主,转向以支持科技产业化为主,促使研究开发机构或者未来的科技企业能形成一个从

研究开发、进入市场竞争、得到市场回报的投入后，再从事新的研究开发的良性循环。同时，通过形成这种良性循环机制，有可能把现在的研究经费集中到从事战略高技术和共性技术的开发上，大幅度增加投入强度。

242 个机构的转制还有利于进一步从根本上转变科研机构和科技人员的观念。改革中的科研机构、科研人员的观念虽然已有很大的转变，但是对旧机构、旧模式的依恋之情仍使一些科研机构和科研人员抱有幻想，从而不愿迈出根本性的一大步。现在，转制进一步打破了国家投入的铁饭碗，打破了计划经济体制下的桎梏。谁先改革，主动面向市场，大力推进科技产业化，谁就先赢得发展。

同时，242 个国家局属科研机构的转制，与原主管部门脱钩，也是实行行政事业分开的试点工作，可为全面开展事业单位的改革探索道路、积累经验。

(4) 转制相应的配套政策与多条出路。

此次国家局属科研机构的转制，不完全都是企业化。它们可自主选择改革方式，包括转变成科技型企业，整体或部分进入企业和转为技术服务与中介机构等。也有少数经国家批准保留事业单位性质的科研机构。但国家要求所有这些科研机构都要引进科技型企业的运行机制。

同时，国家考虑到这些院所面临的困难，给予了较好的优惠政策。可见，国家的基本考虑是将它们逐步推向市场，而不是放手不管。

(5) 转制机构转制进展的初步跟踪与评价。

对 242 个转制机构的转制改革进程进行跟踪和评价，对于不断完善有关的配套政策，促进科研机构转制改革工作的健康发展，是十分重要的。但是这种跟踪，需要不断地进行调查，工作量很大，需要有关部门组织专门的力量进行。

(6) 转制后对中国科技体系的影响。

① 中国科技体系的一次大重组。

242 个国家局属科研机构转制工作的顺利推进和基本完成，为全面推进科研机构的改革提供了宝贵的经验。现在，全面推进科研机构转制改革的工作也已拉开序幕。1999 年底，科技部已拟定出《国务院部门和单位所属科研机构改革方案》，并在年底召开的国家科技教育领导小组第五次会议上获得原则同意。

在 242 个国家局属科研机构转制后，国务院部门、单位所属科研机构（除中科院所属科研机构外）还有 450 多个，共有在职员工 17.1 万人，离退休人员 7.3 万人。地方科研机构则还有几千个。在这些机构中，有应用研究和技术开发型的、有社会公益性的，转制条件相差甚异，全面转制改革的工作因而比 242 个机构的转制工作要复杂和困难得多。但是有十多年改革的基础和经验，特别是 242 个机构转制的经验，只要努力和认真解决好可能出现的问题，全面转制的工作是能够顺利推进的。1999 年 11 月，北京市政府已批准对 65 个科研机构进行转制。目前，其他一些省、市也正在制定科研院所的转制方案。

按照这一步骤和发展趋势，显然，我国的科技体系自建国以来建立的结构布局

将出现一个大的转变。从某种角度上说，是从前苏联的体制向更符合市场经济模式的体系转变。产业部门和地方属的科研机构的企业化或向中介机构等的企业化和转变，将使我国的科技体系从中科院、产业部门科研机构、地方科研机构、高校科研机构和企业科研机构五大系统组成的较完整的体系转化为大学、企业类院所和中科院三大系统组成的科技体系布局。

② 加强了企业技术创新主体作用。

242 个国家局属科研机构的大转制，也是在技术创新的重要性被高度认识和政府大力推进技术创新的环境下实施的。事实上，它也是落实加强技术创新、发展高技术实现产业化和全国技术创新大会精神的重要举措。无疑，科研机构的大转制，有利于加强企业的技术创新主体作用，从根本上改变国家创新体系的结构。但是对于这种作用，目前也不能估计和期望得过高，从而忽视了进一步加强企业技术创新主体和完善国家创新体系的艰巨任务。事实上，科研机构转制对加强企业研究开发的作用，主要表现在一个方面：即增加了几百个或几千个有研究开发实力的企业，从数字上使企业研究开发所占的比例大大增加，但实质上现有的几十万个企业、特别是中小企业的研究开发并不一定能从科研机构的转制中得到加强。而且大量科研机构转变成企业，它们和其他企业的关系将可能从主要以合作、服务为主变为主要以竞争为主，中小企业获得技术的渠道可能将更为狭小，成本将更为加大。因此，如何加强广大企业、特别是中小企业的研究开发和技术创新活动，政府的压力不是小了，而是更大了。

(7) 需要关注的问题。

全面转制工作牵涉面广、影响大。在推进全面转制的过程中，有若干个问题值得进一步关注和探讨。对 242 个国家局属科研机构的转制，社会上的反响也较为热烈。特别是一些学者，对转制改革的发展较为关注。在充分肯定转制改革意义的同时，有些学者也提出了转制改革后应关注的一些问题。

① 科研院所转制后能否再生。

科研机构转制对国家创新体系的结构具有强烈的矫正作用。正因为强烈，更必须注意适度，如果矫枉过正，国家创新体系不仅得不到完善，反而会因此形成新的扭曲。国际经验表明，一个良好的运行有效的国家创新体系，必然要保持有一定数量的高质量、高水平的科研机构，它们和企业、大学之间的紧密合作，是国家创新体系富有生命力的保证。过多独立科研机构的存在，无疑是国家创新体系结构的巨大扭曲，但是，如果没有一定数量优秀的独立科研机构起着其特有的作用，这种创新体系结构也仍然会是一种扭曲。

当然，此次是院所转制，而不是完全撤销，这个机构无论以什么法人形式出现，仍然是客观存在的，队伍也还在，科技力量并未消失，只是在行政隶属上不在科研机构之列。在转制过程中，还有一种可能性是，一些院所转化为研究型公司。转制院所目前还处于企业化的过渡期，科研工作仍然是院所的主要工作，产业在积极发

展，但毕竟需要时间。从长远来讲，也有可能有少数转制院所成为不以产业而以研究为主的研究型公司，以承担国家、企业委托任务为主要工作，这样的研究型公司在中国大量中小型企业渴求技术却无力开发的情况下是有市场需求的，但能否成长起来获得再生，这要看自身的研究工作和市场的结合是否成功了。

② 产业共性技术研究。

中国大多数产业科研机构建立的初衷是解决产业共性技术和前沿技术的研究问题。这一初衷即使在现在来看，也不能说不正确，问题是在旧有的计划经济体制下，这类机构建得太多、太滥、低水平重复严重，使这一初衷无法很好地实现。国际经验表明，建立优秀的产业共性技术研究机构对推动产业技术的发展十分重要。一些国家和地区不乏这样的优秀技术研究机构，如美国的标准技术研究院，日本通商产业省属下的产业技术研究院，我国台湾省的工业技术研究院等，它们在那些国家和地区的产业技术发展中，发挥了十分重要的作用，是那些国家和地区创新体系中的中坚力量。中国不需要几百个、几千个产业技术研究机构，但建立几个或十几个优秀的产业技术研究机构，以作为国家产业技术发展的核心力量，应该说是必要的。在这次转制中，由于产业部门科研机构都是应用研究和技术开发型的，我们应该有些措施确保一些院所成为优秀产业技术研究机构，探索用新的机制来加强产业共性技术研究。但是新的机制究竟是什么，是否有效，还值得研究。如果继续由这些转变成企业的科研机构承担共性技术研究，那么它们既然是企业，就不可避免地要用企业行为指导自己的研究。它们的研究成果是否是"共性"的，或者即使是"共性的"，是否能被其他企业所共享，都值得关注。

③ 基础研究和社会公益性研究。

对基础研究，国家早已明确了"稳住"的政策，最近又进一步采取了加强的政策。基础研究机构主要在中科院和高等院校。基础研究机构的改革当然主要不是转制成企业，大量的改革工作将集中在机构的重组、并转和人才分流上。社会公益性研究无疑是不可缺少的，中国社会公益性科研机构的主要问题也如同产业科研机构一样，建得太多、太分散、低水平重复较多。公益性科研机构改革的焦点因而也应主要放在机构的重组、并转和人才分流上。当然，有不少公益性科研机构是有条件或有必要转制成企业或中介机构的。事实上，机构的重组，合并比之转制成企业，是一件更为复杂和困难的工作，这从 242 个国家局属科研机构在转制中选择重组合并方式的甚少可以看出。中国十多年科技体制改革的实践也反映了这点，因为十多年来，科研机构的重组和合并未取得实质性的进展。重组和合并的困难在于，它涉及到组织结构的大变化、人事关系的大变化、人才分流任务较为艰巨。这是政府有关部门需要密切关注的。目前，有关科研机构转制的配套政策，主要是针对向企业化方向的转制。科研机构的重组和合并、高质量、高水平的优秀科研机构的建设，也需要有相关的政策予以支持，政府有关部门也应抓紧研究和制定这方面的配套政策。

④ 科技产业化。

科技产业化既可以说是本次大转制改革的重要目标，也可以说是转制改革工作的核心内容。人们对转制改革寄于深厚的期望，希望借此能使中国的科技产业化和高科技产业有一个较大的发展。的确，一部分转制机构在科技产业化的道路上迈出了较大的步伐，取得了很好的进展，但是必须认识到，产业化的成功，转制只是一个因素或一个条件，更重要的是转制后，转制机构在技术、管理等方面做出创造性的工作。对大多数科研机构来说，并不是“一转就灵”，转制成企业本身并不能带来科技产业化的突破，关键在于科研机构转制成企业后，是否能在运行机制、管理模式上很好地适应科技产业化发展的需要。

从 242 个国家局属科研机构的转制情况来看，目前大多数完成了向企业的转变，建立新的运行机制、管理模式还有待时日。特别是数目较多的一批直接进入企业（集团）的科研机构，由于其企业集团母体大多是政府改革和国有企业改革的衍生产物，在体制上仍保留了很多的传统因素，科研机构的整体进入虽然缩短了科研与生产的距离，但并未从本质上改变原有的科技与经济的供求关系。从促进科技产业化的角度来说，这批转制机构还有进一步深化改革的必要。政府有关部门要特别关注这一部分转制机构的情况，继续促进它们向以下方向进行深层次的改革。一是像中科院计算所那样，进行较彻底的重组，将其 R&D 功能转到企业的 R&D 部门或直接变成企业的 R&D 中心，而其生产功能将转到企业集团的其他部门。二是像已选择转变成科技企业的转制机构那样，不断增强科技产业化实力，在适当时机转化为独立企业或企业集团的子公司。

政府推动科研机构转制、加快科技产业化，重点要放在帮助转制机构向建立现代企业制度、现代管理模式的实质化转变上。使转制机构从一开始就能有明确的产权关系，形成有效的激励机制。同时要加强对科技产业化的扶持政策，创造更好的有利于科技产业化发展的环境。

转制科研机构在实现科技产业化方面，的确有许多有利的条件，它们可以在科技产业化方面大显身手，为中国的科技产业化作出巨大的贡献。但是它们既然已经变成企业，在发展中，就不可避免地会遇到与中国许多企业同样的问题和困难，同时还会遇到许多企业所没有的困难，它们在科技产业化的道路上必然有挫折，甚至有失败，它们的发展，不仅需要政府的大力扶持，也需要全社会的理解、爱护和支持。

⑤ 文化、管理、观念的转变问题。

科技机构从形式上转化为企业或中介机构容易，但实际上科研机构转化为企业面临着许多新问题，不是能一蹴而就的。

第一，科研机构转制意味着从国家的科研机构转化为面向市场的企业。多年的实践表明，科研机构具备的主要是从事科技研究的能力。科学家们并不具备从事商业经营的许多知识。科学家在科学上成功，但在商场上失败的例子并不少见。

第二，观念上的障碍。科学家们先前是为国家而工作，现在，他们必须为市场而工作。这对许多科学家，包括院所的领导来说，都是一个很大的障碍。

第三，人才结构的转型。科研院所聚集的是科研人才。使科研院所向企业转型，人才结构的转型是一个更漫长的历程。

这次科研院所的大转制，是科技体制的一次根本重组。它对我国的科技经济发展影响深远。社会上对此次转制的评论也褒贬不一。看来应当建立一套科学的评估指标体系，对转制的效果做出客观、公正的评估。正确的应继续发扬，缺点应及时纠正。在建立和完善国家创新体系过程中，使之更趋完善。

C. 建设和完善国家创新体系[①]

国家创新体系是融创新主体、创新环境和创新机制于一体，在国家层次上促进全社会创新资源合理配置和高效利用，促进创新机构之间相互协调和良性互动，充分体现国家创新意志和战略目标的系统。

国家创新体系可定义为：国家创新体系泛指一国为提高创新效率，整合各创新要素而构成的社会网络。我国新时期的国家创新体系主要体现为国家层次上推动持续创新的组织与制度。

许多国家已将加强国家创新体系建设作为全球化条件下国家发展战略的重要措施。我国要达到全面建设小康社会的目标，科技经济全球化的形势以及加入WTO带来的压力促使我国加快国家创新体系的建设。我国的科技发展与体制改革为加快国家创新体系建设奠定了基础。现将我国国家创新体系建设的有关情况简要介绍如下：

(1) 我国的国家创新体系建设正进入新的阶段。

目前我国科技事业正处在一个十分关键的转折时期。全面建设小康社会对科技创新提出了全新的要求，国民经济持续快速的增长为科技发展提供了强大需求动力，规模巨大和多样化的市场格局更为科技进步创造了巨大发展空间。随着经济全球化的发展以及我国加入世界贸易组织，技术获取的来源和渠道更加丰富，这为我国在某些技术领域的集成创新提供了更多的可能性。积极利用后发优势，通过原始性创新和系统集成实现技术的跨越式发展，将成为我国科技发展的必然选择。

面对各种新的形势和要求，我国科技创新战略需要进行重大的调整：

① 调整科技创新战略的指导思想，更加强调原始性创新，力争实现科学技术发展的跨越；

② 调整科技创新的管理体制，牢固树立“以人为本”的价值观；

③ 调整科技创新的工作方针，集中力量办大事；

④ 调整科技创新模式，从注重单项技术创新转变到更加强调各种技术的集

---

① 科技部办公厅调研室，关于加快国家创新体系建设提高自主创新能力的报告，2002年。

成，强调在集成基础上形成有竞争力的产品和产业；

⑤ 调整科技创新的动员机制，充分调动和组织全社会各方面力量投入和支持科技创新。

一个国家的整体创新能力不仅来自于企业和研究机构内在活力的增加，更来自于科学的制度安排和良好的社会经济环境。当前，国家创新体系建设将进入到在国家层次上进行整体设计、系统推进的新阶段。发展环境的变化，要求我们在多年来改革与发展的基础上，以增强国家整体创新能力为目标，加速建立一个既能够发挥市场作用，又能够根据国家战略有效动员和组织创新资源，既能够激发创新行为主体自身活力，又能够实现系统各部分有效整合的国家创新体系。在这一体系中，政府将发挥更加积极和有效的作用，官、产、学、研的结合更加紧密和协调，社会资源将得到更加广泛和充分的利用，体系的对外开放程度更为扩展和延伸。根据这一思路，新时期国家创新体系建设应具有三个突出特点：

① 充分发挥市场配置资源基础性作用与强化政府宏观调控功能相结合；

② 激励微观创新机构自身活力与推进总体结构调整和系统整合相结合；

③ 推进科技体制改革与强调科技、教育、经济体制改革联动相结合。

(2) 国家创新体系建设亟待解决的突出问题。

① 宏观调控问题。

当今世界，一个国家的创新能力特别是战略高技术领域的创新能力，往往与该国在全球的政治地位密切相关。创新活动已不单纯是经济范畴的内容，同时也是一个国家政治经济战略意图的体现，是各国在世界政治经济舞台上地位和实力的反映。强化创新活动中的国家意志，已成为许多国家共同的战略选择。与经济社会发展对科技创新的迫切需求相比较，目前我国在创新活动组织、创新资源配置和创新制度供给方面缺乏有效的宏观调控及战略协同机制。突出地表现在：一是有关部门、各地方之间在创新活动组织中彼此分割、相互脱节，重复现象仍然比较突出，创新效率不高，无法真正做到集中力量办大事；二是军民两大研发及产业体系之间长期处于分离状态，造成两大创新体系相当程度的割裂、封闭。一些重要的研究开发活动往往在军民两个体系间重复进行，不适应当今军民技术日趋融合、高新技术两用化的趋势。

② 创新体系结构问题。

目前我国国家创新体系结构总体上趋于优化，但创新机构之间相互作用的网络体系远未形成。同时，我国国家创新体系还存在明显的薄弱环节，结构性缺陷亟待加以弥补和完善。一是企业的技术创新主体地位尚未真正确立。大中型工业企业约有一半的企业没有技术开发活动，40%左右的企业研发机构没有稳定的经费来源，众多中小企业难以获得必要的技术支持。二是公益性科研机构和力量相对薄弱的问题十分突出。经过几轮改革，目前部门所属的公益类科技队伍只有1.5万人。但是，由于经费投入严重不足，一些公益类研究机构难以有效地开展研究开

发活动，骨干人员特别是青年人才流失现象严重。农业、卫生与健康、资源与环境、标准等领域的公益性研究，都远不能满足社会发展的基本需求。三是中介服务机构不健全的问题未能得到有效解决。有关科技中介服务的法律法规不健全，针对中介机构的综合性指导意见和扶持性、规范性政策几乎空白。一些中介机构服务能力不足，对政府的依赖性较强。经济欠发达地区中介服务机构发展更为滞后。

③ 创新环境问题。

据调查显示，创新环境的不尽人意仍然是现阶段制约我国创新进程的关键因素。首先是在硬环境方面，科技基础条件十分薄弱，公共科技的基础平台远未形成。科技基础条件投入长期严重不足，科技基础设施普遍比较落后，广大科技人员及社会公众难以迅速了解国际科技发展最新动态，难以得到必要的公共科技基础支持。同时，由于缺乏国家层次上的整体规划和统筹布局，事实上无法实现科技资源和基础条件的有效共享，造成国家有限的资源分散、重复和浪费。其次是在软环境方面，有关创新的制度、政策和文化不能适应创新体系建设和发展的要求。突出表现在：科技系统缺乏相互开放的环境，机构之间的学术交流、人才交流明显不足；科技评估和决策机制不够健全，小单位、小人物或非共识性科研项目难以得到支持；缺乏支持原始性创新、宽容失败的文化氛围，跟踪模仿意识在很大程度上已成为创新和超越的羁绊。

④ 科技投入机制问题。

面对当今激烈的国际竞争态势，世界各国在调整创新政策中，都把加大科技投入、强化公共科技创新平台建设作为基本的战略措施。目前我国在科技投入机制方面还存在一些突出的问题。一是与国民经济和社会发展相适应的财政科技投入稳定增长机制不健全。在国家财政支出结构中，科技投入始终没有得到足够的重视。近年来，国家财政科技投入总量虽有所增加，但占同期财政支出比例却在逐年下降。这种状况与我国所处工业化阶段不相适应，不仅难以支撑起我国相对完整的科学技术体系，更难以满足新型工业化进程的紧迫需求。二是引导和激励社会各类资源积极投入的调控机制不健全。财政资源与社会资源不能良性互动。政府投入难以起到示范、引导、调整的作用，社会资金也难以通过政府资金的先期介入寻找到更好的获利或避险空间。企业的R&D投入占销售额的比重长期低水平徘徊，投入强度明显偏低。此外，社会资金不能有效进入到研发和产业化领域，未能充分分享科技创新成果和分担科技创新风险。针对科技型中小企业的资本市场尚未健全，对这类企业的成长构成了较大制约。三是与科技发展规律相适应的科技投入管理机制不健全。对国家科技经费的使用缺乏全过程的有效监管，部分科技经费未能保证专款专用，对科技经费的使用效果也缺乏科学、公正的评价。现行的五年计划科技投入模式，无法适应当今科学技术日新月异的发展形势和要求，难以进行适时的动态调整。在科技投入及支出结构中，国家重点实验室等科技基础工程缺乏必要的运行经费，科研项目经费用于流动人员的部分严重不足，部分科技事

业经费难以择优支持跨部门、跨区域的科技项目，从而使得开放、流动、竞争、协作的机制难以有效地建立起来。四是科技投入结构有待完善。现有的R&D投入结构中，基础研究和应用类研究的比例明显失衡，国家支持基础研究的投入力度不够，使得许多重大基础性问题的研究难以获得稳定、持续和充足的支持。这也是我国近年来缺乏重大科学发现和技术发明的一个重要原因。科学积累不足，技术储备不够，对后续的应用研究和产业化发展构成不利的影响。

（3）国家创新体系建设的指导思想与现阶段主要任务。

推进国家创新体系建设的战略思路为：以增强整体创新能力为总体战略目标；以提升技术创新能力为战略重点；以培育科学创新能力为战略储备；以优化创新服务能力为战略支撑；以实施若干国家特大专项为战略突破。

① 国家创新体系建设的指导思想和目标。

新时期国家创新体系的建设与发展要以进一步深化体制改革为动力，发挥政府宏观调控功能和市场配置资源的基础性作用，集成社会创新力量，形成政府引导、全社会协调互动的创新格局，大幅度提高国家创新能力，加速科技成果的创造和应用，为全面建设小康社会提供坚实的科技支撑。

② 国家创新体系建设的现阶段主要任务。

——强化科研机构、大学的创新能力。

——确立企业在技术创新中的主体地位。

——健全社会化、网络化的社会中介服务体系。

——建立富有特色的区域创新体系。

——建立规范、高效的宏观调控体系。

——建立有利于创新创业的文化氛围。

③ 建立健全国家创新体系良好的运行机制。

——开放机制：国家创新体系建设必须以推动开放流动、促进资源共享为重要目标。

——协作机制：建立广泛的、多层次的创新合作网络及机制，促进各创新机构之间的分工协作，促进人员的合理流动。

——激励机制：形成一个促进创新、加快应用的有效激励机制。

——竞争机制：打破部门和行业垄断，鼓励各类机构平等参与承担国家重大计划和任务；创造良好的制度环境、政策环境和科技基础条件平台，为全社会所有单位和科技人员提供成长发展的沃土，营造公平竞争条件下创新人才脱颖而出的良好环境。

国家创新体系的建设实际上把科学技术的发展政策和管理体制的改革政策集成起来了。简单说来，建设国家创新体系的目的就是排除一切创新障碍，促进科技、经济和社会的协调发展。

14.3.3 中国制定技术政策的基本原则

建国以来,我国在不同的历史时期,根据当时社会、经济和政治的需要和科技能力及其发展趋势,分别提出过一些发展科学技术的具体方针和政策,起过应有的作用。

1978年以来,我国的工作重点转移到经济建设上来,科学技术在经济社会发展中的地位和作用越来越被人们所认识,我国逐步明确地提出了一条比较完整的发展科学技术的基本方针。特别强调,科技现代化是实行四化的关键,明确提出科学技术是国民经济建设的战略重点之一。科学技术在现代化建设中的地位和作用更加明确了。深刻地阐述了"经济建设必须依靠科学技术,科学技术工作必须面向经济建设"的战略指导思想。90年代,又提出了"要攀登科学技术高峰"的方针。这是指导我国包括科学技术工作在内的整个现代化建设的基本方针。最近,中央16届4中全会提出的"科学发展观"是指导我国社会、经济和科技协调发展的总方针。

A. 科学技术应当与经济、社会协调发展,并且把促进经济发展作为首要任务

现代科学技术已经广泛渗透到经济,社会生活的各个领域,成为促进经济、社会发展的强大动力。现代科学技术对于经济、社会发展所起的作用,已经不限于一项项具体的技术成果在生产上的应用,虽然这是十分重要的,而现代科学作为一个知识体系,正在对国家的经济决策、社会决策起着越来越重要的影响。因此,科学技术既要为经济建设服务,又要为社会各项事业的发展服务,还要为精神文明建设服务。但是经济建设是重点,是整个国家得以发展的最重要的环节,科学技术应当把促进经济的发展作为自己的首要任务。

B. 着重加强生产技术的研究,正确选择技术,形成合理的技术结构

我国历来有讲政策的传统,但过去主要指的是政治的、军事的和经济的政策。在全国工作的着重点转移到现代化建设的新的历史时期,研究、制定和实施一批重要领域的技术政策,是贯彻"经济建设必须依靠科学技术,科学技术工作必须面向经济建设"战略方针的一个重要步骤,必将对我国的技术进步和经济振兴产生巨大作用。随着科学技术、经济和社会的迅速发展,为实现某目标,可供选择的方案,途径和手段越来越多,各级政府部门在决策时所要考虑的因素也越来越复杂。为了使技术和经济发展沿着符合客观规律的轨道进行,必须明确技术政策。

当代科学技术已渗透到经济,社会乃至人们思维活动的各个方面。更好地发挥科学技术的作用,一方面要研究和推广新技术、新工艺、新材料、新设备、新产品,其重要性已为人们所认识。另一个十分重要的方面是,运用各种现代科学和手段,为宏观管理以及科技、经济和社会发展决策提供科学的、有效的依据,制定正确的发展政策。后者,正在对经济和社会的发展,以及科学技术自身的进步,起着越来越显著的作用。

以往我们所欠缺的，恰恰是对这种政策的研究未给予足够的重视. 由于没有技术政策，或者政策失误。科技工作和经济建设难免走偏方向，造成严重损失。

改革开放以来，我国总结了历史的经验和教训，开始重视技术政策的研究和制定工作。从 1979 年起，陆续开展了十四个领域的技术政策的研究。根据国务院的部署，从 1983 年 1 月开始，当时的国家科委、国家计委、国家经委会同各有关部门，组织了全国性的技术政策制定工作。

技术政策是技术和经济发展应当遵循的准则，旨在通过技术进步，推动经济发展。由于研究开发与生产建设之间，技术与经济之间的密切关系，决定了技术政策具有"交叉"属性。脱离生产活动和经济发展，孤立地搞研究开发去追求技术的发展，或者离开技术进步，孤立地考虑经济发展，都难以取得好的效果。因此，技术政策将技术、经济和社会三位一体地综合考虑，既包括研究开发的内容，又包括生产建设的内容，成为技术工作与经济建设应当共同遵循的发展政策。

当然，技术政策与产业政策和经济政策既有联系，又有区别。产业政策是跨行业的，主要回答经济布局、产业结构和各行业的比例关系等。经济政策主要包括价格、财政、金融和贸易等方面。纯属经济政策和产业政策的问题，不在技术政策中规定。

技术政策的主要内容大体包括 4 个方面。

(1) 发展目标。

技术政策要确定恰当的发展目标。技术发展目标的指出，要适应经济发展目标的需要，客观地分析世界技术发展的趋势，并从我国的技术能力、经济和社会条件的实际出发。

(2) 行业结构。

行业结构包括一个行业的技术结构、生产结构和产品结构。要在分析这个行业的生产力现状、技术水平、发展能力和社会对其产品的需求的基础上，确定行业内部各种生产力和生产方式的关系、合理比例、规模、布局、发展速度和时序、技术构成，以及主要产品的发展方向与消费分配原则等。

(3) 技术选择。

选择技术发展方向，也就是说采用什么技术，发展什么技术，限制什么技术，淘汰什么技术，衡量的标准是综合的经济效益和社会效益。技术的先进性固然是重要的因素，但必须从我国的技术能力、自然条件、经济条件和社会条件出发，在促进国家整体技术进步条件下，对技术的先进性与经济、社会上的合理程度做出综合评价，选择适宜的技术。

(4) 促进技术进步的途径、路线和措施。

这方面包括的内容十分广泛。例如：推进技术成果工业化、实用化和商品化；引进、消化、吸收适用的先进技术，采用新技术加速传统产业的改造，实行统筹规划、综合开发、配套建设的合理程序和优化方案，完善质量保证制度和体系，推行标准化、系列化和通用化的原则，应用先进的技术手段和方法，实现管理现代化，实行

专业化、社会化的生产与协作，完善和加强支持技术和生产发展的基础结构，提高装备的质量和水平，合理有效地利用资源和能源，保护生态环境，正确选择重要的工艺路线和流程，等等。

在制定一个领域的技术政策时，应当根据该领域的特点和存在的问题，抓住影响全局的主要矛盾，提出相应的措施。

技术政策是编制科技发展规划、经济和社会发展规划，指导科技攻关、技术改造、技术引进，重点建设以及产业结构调整和发展的重要依据，是我国顺利进行现代化建设的重要保证，应如同政治的和经济的政策一样，受到充分的重视，认真予以贯彻执行。

从 1983 年 1 月正式开始研究制定，到 1986 年 5 月 24 日国务院发布了 12 个领域的技术政策要点，其中包括能源、交通运输、通信、农业、消费品工业，机械工业、材料工业、建筑材料工业、城市建设、村镇建设、城乡住宅建设和环境保护。随后，又发布了信息技术政策和生物技术政策要点，总共 14 个领域的技术政策。这些政策是根据全国总的情况制定的。各地自然条件、经济条件、社会条件和技术条件差异很大，在执行过程中，除了充分注意当地的实际情况外，还及时做好信息反馈。

这样大规模的制定和实施技术政策，在我国还是第一次，尚有许多需要进一步研究的问题。而且，当代科学技术和经济、社会发展迅速，技术更新加快，任何一项政策，在时间和空间上都有一定的局限性，所以要不断地进行修正。

规定得如此详尽的技术政策在计划经济时代是十分必要的。在社会主义市场经济下，科技经济活动尽可能按市场规律运行，政府不必过问太多、太细。但技术政策还是需要研究和制订，不必像过去一样，作为指令性政策，但可作为政府的指导性政策。

C. 必须加强工农业生产第一线的技术开发和科研成果的推广工作

长期以来，我国工农业生产第一线的科技力量薄弱，科研成果的推广应用率较低。除了充分发挥企业和农村的现有科技力量的作用之外，科研机构和高等学校应当积极支援生产第一线的科技工作，应当鼓励和支持科技人员自愿到生产第一线去工作。同时，要大力提倡和做好科研成果由实验室转移到生产，由先进地区转移到落后地区，由沿海转移到内地，由军用转移到民用的工作。

D. 保证基础研究在稳定的基础上逐步加强

基础研究是科学技术工作中一个重要组成部分，对于增加自主创新、科学储备，开发我国独特的自然资源、造就新一代人才等都有重要意义。但是，考虑到我国生产技术的研究和开发亟待加强，目前科技投资有限，对于基础研究的投资，只能在稳定的基础上逐步增加。基础研究的周期往往比较长，要保持工作的稳定性和连续性，不要轻易草率地上马下马。重点放在前面提到的“巴斯德象限”，即既追

求知识,又考虑应用,这是当代基础科研的大趋势。这些年,主管我国基础科学研究的自然科学基金会的经费每年都有较大幅度的增长。

近代自然科学的进步,正是马克思主义形成和发展的重要基础。而现代自然科学的巨大进步,同样对发展马克思主义的哲学、社会学说和经济理论有着深刻的意义。当代科学技术的发展,不仅改变了人类的物质生活、经济生活,也深刻地影响着人们的意识、观念。在自然科学和社会科学之间,正在不断出现许多新的边缘学科和交叉学科。因此,应当密切注意当代科学技术的飞速发展所引起的社会生产和生活方式的变化,并且深入探讨由此引起的马克思主义发展中的新问题。

科学在发展,哲学也在发展。任何时候都不能把马克思主义的指导作用理解成:用现成的哲学结论和概念当作判别科学是非的标准,凡不符合这些标准的,一概斥为谬误,斥为反马克思主义的观点。当然更不能把自己或者"权威"知识上的局限或偏见作为科学探讨的界限,认为超过这一界限的就是无稽之谈。在自然科学和社会科学相互渗透、密切结合的今天,如不谨慎,极容易犯这种错误。那样的话,就会重犯历史上把人类的新创造和尚未得到普遍承认的新见解,或者有待人类进一步认识的科学现象当作异端邪说,甚至是"资产阶级的破烂货"而加以批判和否定的错误,造成不可弥补的损失。

(1) 要真正贯彻"双百"方针,还必须正确对待科学探索中的失败。

科学的任务之一是追求真理,而真理的获得往往要经过多次反复。任何科学家,不论他是多么天才,多么博学,在探索过程中,总会有这样那样的错误。在科学实验中,总会有不完善甚至不成功的时候。在众多的科学工作者中,对于马克斯主义理论的理解和运用能力总会有差异,这些都是不可避免的。对此,绝不能苛求。如果不允许探索中的失败,探索就无从进行,也就堵塞了成功之路、创新之路。而且,很多时候,究竟是不是错误,还有待于实践的证明。很多正确的、科学的思想观点,在开始提出时就曾被当作"错误"加以批判,而错误的东西,却由于历史条件的限制,在长时期内被作为正确的东西加以迷信过。因此,在学术领域中不但不要简单地为某种正在争论的观点做出"正确"或"错误"的裁判,即使对于确实被实践证明了是错误的东西,也要加以历史的分析。对具体的工作人员,更要诚恳帮助,不能大加讨伐。只有这样,才能广开思路,广开言路,广开才路,才能鼓励大家无所畏惧地去追求真理。

对于经济、科技方面的重大决策,国家和地区的发展战略有关的政策和措施的讨论,以及对重大工程项目的技术评价和可行性分析,当然不同于学术思想的争论,因为这些讨论和评价都必须及时做出判断,做出结论,才有利于及时付诸实施。但是,领导者也应充分听取科学家和技术人员的意见,提倡解放思想,实事求是,畅所欲言,展开争论。在做出决定前,科学家和技术人员存在不同见解,提出不同意见,应当受到鼓励。做出决定之后,大家当然应当遵守和执行,但科学技术人员仍可保留自己的学术观点和不同意见。

(2) 必须尊重基础研究和应用研究的特殊规律。

基础研究及应用基础研究,同技术开发相比较,有着很不相同的特点,它需要有高度的灵活性,也就更加需要科学技术人员的自主性,需要自由度。因此,对于基础研究和应用基础研究,一般只需要制定指导性的计划,规划其优先发展领域。今后,这类研究工作,一般通过国家自然科学基金会的计划指南加以方向性的引导。同时,为了各学科的协调发展,也鼓励科学研究的基层单位自行安排合适的基础研究和应用基础研究的项目。还要特别注意保持研究工作的稳定性和连续性,不要轻易中断。

基础研究和应用基础研究的周期一般比较长,一项突破性的研究往往需要多年的努力才可望取得成功。没有稳定的政策保证,是不易取得重大成果的,现在有不少在生产中取得良好经济、社会效益的重大科技成果,就是几年前,有的甚至是一、二十年前,经长期坚持不懈的基础研究工作,并进一步转向应用研究和实用技术开发而取得的。要注意保持基础研究和应用基础研究的稳定性、连续性。

(3) 加强科学研究与高等教育之间的紧密结合。

高等院校和中国科学院学科门类比较齐全,高水平的专家比较集中,拥有众多教师、科技人员和研究生,有良好的学术气氛和信息交流环境。这支多学科、多层次人员结合的队伍,能够开拓新兴的、交叉的领域,开展综合性的重大科学问题的研究,有较大的科学潜力和创造精神,应当能够根据国家科学研究纵深配置和培养高级专门人才的需要,在基础研究和应用研究方面担负重要的任务,同时也有能力尽快地将应用研究成果转化为技术开发或有直接经济效益的技术。中国科学院和高等学校还有一部分较强的技术开发力量,要充分发挥他们的作用,切实搞好技术开发工作。

产业部门的研究机构中,工程技术人员比较集中,科学技术工作与生产实践联系比较密切,承担着大部分应用研究和大量开发工作的任务。这些研究机构应侧重解决生产发展中的关键技术和把技术转化成生产能力中的大量问题。同时也要进行超前一步的研究,根据需要加强应用研究,有条件的适当开展基础研究,以确保科学技术发展的后劲。

国家鼓励不同研究机构,专家、学者之间合作研究、使用培养人才,提倡和鼓励科研、教学、生产的紧密结合,支持多学科、跨部门的联合研究课题,推进学术思想的广泛交流,大力沟通各方面的科技信息。

加速我国科学事业的发展,除了要有正确的方针政策外,还要有大批优秀的科学技术人才,只有造就成千上万的杰出人才,才能带动整个中华民族科学文化水平的提高。科学的未来,在于青年。我们更要注意对青少年的培养、教育。只有新一代茁壮成长,我们事业的兴旺发达、后继有人,才能得到保证。建国以来,我们已经有了一支学科门类比较齐全,具有解决我国经济和国防建设中许多科技问题能力的、有相当水平的科技队伍,但是,与现代化建设的要求相比,科技人才还严重不足,也还存在人员结构不合理等问题。

(4) 积极发展国际合作与国际学术交流。

我国的科学技术虽然取得了举世瞩目的成就,但是,正当世界科技革命浪潮兴起,各国经济腾飞之时,我国却进入了十年文化大革命的浩劫。把我国的科学技术事业拖后了几十年。我们只有承认落后,才会去改变落后;我们必须学习先进,才有可能赶超先进。

提高我国的科学水平,首先必须依靠自己的努力,发挥我们的创造性。同时应该努力学习和掌握世界现代科学的新成就。我们要积极开展国际学术交流活动,加强同世界各国科学界的友好往来和合作关系,积极吸收、消化国外先进的、对我国适用的科学研究成果和技术。

E. 把学习、消化、吸收国外科学技术成就作为发展我国科学技术的重要途径

许多国家的经验表明,善于吸收、消化国外的科技成就,可以大大节省投资,缩短技术发展的过程,促进本国技术力量的成长。正如同站在一个巨人的肩膀上跳跃一样。日本 1950 年到 1975 年的 25 年间,引进先进技术 25 700 项,支付专利费和技术指导费 57.3 亿美元,若全由日本人自己搞,估计要花 1800 到 2000 亿美元,相差 30 多倍,而且要花更长时间,也可能丢失市场机会。如果什么都想自己从头摸索,都想自己创造,不仅是愚蠢的,也是不可能实现的。学习外国的科技成就必须同自己的研究有机地结合起来,技术引进要同消化、吸收结合起来,真正做到在消化、吸收的基础上去发展、去创新。

F. 科学技术由单纯军用向军民两用转移

建国以来,我国的国防科学技术有了很大的发展。对巩固国防、推进科技进步和繁荣经济都产生了巨大影响。特别是 20 世纪 60 年代,原子弹的爆炸、导弹和人造卫星的发射成功,标志着我国的国防工业和科学技术进入了一个新的阶段。国防科学技术的发展带动了我国数学、物理、自动控制、光学等许多学科的发展,形成了一个门类比较齐全,具有相当水平和规模的国防科技工业体系,成为世界上能够基本依靠自己的力量向本国军队提供全部武器装备的少数国家之一。国防工业发展的战略方针有了重大的转变,由单纯的军工体制转变为军民两用体制,由主要为国防服务转变为同时为国防建设和国民经济建设服务。这对于加快我国经济发展和国防建设产生了显著的作用。国防科技工作研制、生产尖端武器和常规武器的过程中,掌握了一大批新的技术,其中有些是国内首创,有的达到或接近国际水平。这些技术广泛应用到国民经济各个领域中去,可以产生很大的经济效益。

通过多年的实践,军转民科技开发逐渐形成了下列指导思想和方针:

(1) 动员和组织军工科技力量投身于国民建设主战场,以发展大规模生产的产业技术和产业装备现代化,吸收和掌握世界上成熟的先进适用技术,迅速适应国民经济建设的需要。

(2) 继续挖掘和发挥军工潜力和科技优势，组织探索军民结合、军工科技面向经济建设的新运行机制和发展模式。

(3) "军转民"科技开发要着眼于经济、社会发展的需要，紧紧围绕提高社会、经济效益和提高劳动生产率，从增长综合国力和提高人民物质文化生活水平出发，结合产业结构调整，重点解决工农业大规模商品生产和建立新兴产业问题。

(4) 大力组织军工研究院、所、高等院校的科技力量参与"军转民"科技开发的重大项目，尤其是引进技术的消化吸收和替代进口技术的开发、配套工作，把引进技术与军工科研开发结合起来，加速国产化进程。重视国外先进技术的吸收、国内民用技术向军工的转移工作。

(5) 为军工企业的技术改造和传统产业的发展进行技术导向和产品导向，重点围绕降低能源消耗、节约原材料以及改进工艺，增强活力，促进国防科技工作系统内部良性循环。

(6) 努力促使军工技术进入民用产业、行业、大中型企业，进入国家重点工程项目。进入沿海开发地区，进入高技术产业化计划，进入国家攻关计划，并在其中发挥作用。

(7) 积极培养造就一支新型的"军转民"技术队伍，尤其要发挥青年科技人员的积极性，将他们推到技术开发的第一线，以形成研究、开发、生产、推广、经营各方面人才齐备的新格局。

(8) 组织军工科技力量为农业和支农产业服务，开发推广先进、适用配套的农业和支农产业技术。

(9) 加强军工科技成果管理和保密解密工作，搞好科技成果的开发、应用和推广工作，继续开发军工技术市场，贯彻执行"放开、搞活、扶植、引导"的方针。

G. 实行专利制度

为了保护发明创造的专利权，鼓励发明创造，有利于发明创造的推广应用，促进科学技术的发展，适应社会主义现代化建设的需要，经党中央、国务院批准，1978年，国家科委会同有关部门开始筹建专利制度的调研工作。1980 年成立国家专利局，1984 年 3 月人大常委会通过了"中华人民共和国专利法(草案)"，并于 1985 年 4 月 1 日开始施行。我国的专利法在起草过程中，尤其是在立法的形式和程序方面既注意吸收了外国的一些好经验，也注意了保护工业产权巴黎公约中所必须遵守的共同原则，而更主要的是从我国的实际情况出发，使它成为一部具有中国特色的社会主义专利法。在立法任务方面，妥善调节了发明创造者、发明创造所有者和发明创造使用者之间的关系。

关于专利权的处理，专利法从我国由全民所有制、集体所有制和个体所有制构成的多种社会主义经济成分的实际情况出发，实行区别对待。

H. 加强科技法制建设

随着我国经济体制和科技体制改革的深入发展，加强科技领域的法制建设越来越重要。

20 世纪以来，特别是第二次世界大战以后，科学技术日新月异，社会生产力不断发展，社会经济生活日益复杂，通过经济立法，以国家意志干预和控制经济发展成为各国所面临的重要课题。经济法、行政法、劳动法等一系列新的法律部门相继产生。科学技术法也随着现代科学技术的进步脱颖而出，并且日益崛起为新的法律分支。

所谓科学技术法，指的是调整科学技术活动中社会关系的法律规范的总和。它在现代法律体系中的出现不是随意的和偶然的。科学技术是生产力。劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而不断发展的。社会生产力的发展，使科学技术越来越深入地渗透到人类社会生产和社会生活之中，并且对传统的社会关系发生深刻的影响，这就决定了对科学技术活动中的社会关系实行法律调整日甚一日地成为现代法律体系中的主要组成部分。

(1) 科学技术法制建设主要包括下列内容：

① 国家发展科学技术的战略、政策和规划，以及组织和管理科学技术工作的纵向关系；

② 国家部门之间、地区之间、科学技术领域之间在科学技术的研究、开发、管理和协作方面的横向关系；

③ 科研实体、经济实体、其他法人以及公民在科学技术活动中结成的权利与义务的关系；

④ 国家、法人和公民在同外国政府、法人、公民以及国际组织在国际科技合作和交流中结成的涉外关系；

⑤ 现代科学技术和政治、经济、文化、教育以及社会其他方面协调发展的关系；

⑥ 现代科学技术活动中人们主观世界和客观世界之间的关系，主要指综合现代科学技术和管理工作最新成果的科学标准和技术规范。

(2) 科学技术法律具有区别与战略、政策的属性。它体现在下列几方面：

① 科学技术法律具有国家意志的属性，因而具有强制性。它是由国家权力机关规定各级行政部门、事业单位、企业组织、社会团体和公民的权利和义务，确认、保护和发展有利于科学技术现代化的社会关系和社会秩序，并且以国家机器的强制力保证其实施。违法者将会受到民事的、行政的处罚，甚至刑事的制裁，因而具有极大的权威性。法律的这种属性是政策规范所不具有的。当然，国家的政策也可以通过法律的形式去贯彻。但是，只有当它由国家权力机关制定或者认可，从而上升为国家法律的时候，才能发生法的效力和威力。

② 科学技术法律具有严格的规范性。法律是肯定的、明确的、普遍的规范。

国家发展科学技术的方针、政策是科技立法的依据和指南，而科技法律则是政策和方针的具体化、条文化和规范化。科技法律是通过假定、处理和制裁这种严谨的结构形式，以明确的质和量的界线，规定人们在科学技术活动中应当做什么，允许做什么，禁止做什么以及违反法律的后果。因此，科技立法是保证国家关于科技体制改革的战略决策得以实施的必要措施和基本形式。

③ 科学技术法律具有相对稳定性。我们党历来重视根据斗争形势和任务的变化决定自己的革命策略。要求政策具备灵活性是重要的，而法律保持相对的稳定性又同样是必要的。将国家的科技政策和经过科技体制改革实践证明是正确的经验上升为法律，是我国科学技术事业稳步和持续发展的重要条件，也是实现现代化宏伟目标的基本保证。技术合同法是适应我国经济体制改革和科技体制改革的需要，特别是加速科技成果商品化、开放技术市场客观要求制定的一部统一调整因技术开发、技术转让、技术咨询和技术服务而缔结的各种合同关系的法律。这部法律根据国家关于“经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作必须面向经济建设”的战略方针和国务院关于对技术市场实行“放开、搞活、扶植、引导”的基本政策，总结了我国实行技术商品化，开放技术市场的经验，规定了技术开发合同、技术转让合同、技术咨询合同、技术服务合同这四种技术合同的基本准则。于 1987 年 6 月 23 日经六届人大常委会通过，由国家主席签发，自 1987 年 11 月 1 日实施。

I. 加强科技国际合作

科学技术是人类的共同财富，任何国家和民族都可以相互学习和继承。当今世界，科学技术的发展离不开国际科技合作与交流。开展国际科学技术合作与交流已经成为各国发展科学技术的重要途径，科技合作关系成为现代国际关系的基本内容之一。

发展国际科技合作，也是我国对外开放政策的重要组成部分。我们通过与世界上许多国家开展国际合作与交流，促进我国科学技术面向世界走向世界，迈出了坚定的一步。根据改革的需要，进一步对外开放，扩大和发展国际科技合作关系，必将加速我国现代化的进程。

1978 年以来，我国明确了新时期对外科技合作与交流的方针，即：贯彻执行我国的对外开放政策，在平等互利的基础上，从国内外实际情况出发，积极开展国际科技合作与交流活动，认真学习各国先进和适用的科学技术以及科技管理经验，为我国的现代化建设服务，并在合作与交流中积极做出自己的贡献。促进各国的科学技术进步。这是指导我国开展对外科技合作与交流活动的长期方针。主要包括以下内容：

(1) 国际科技合作与交流是我国对外开放政策和科学技术工作的重要组成部分。是学习、吸收、消化国外先进科学技术成就的重要渠道，是我国整个对外关系的重要方面，是联系我国科技工作者同世界各国科技工作者之间友谊的纽带，对增进世

界各国人民的友谊、维护世界和平、促进世界经济和科学技术的繁荣有重要意义。

(2) 国际科技合作与交流必须面向全世界，要同一切对我友好的国家长期地、稳定地和深入地开展这种合作与交流。国家不论大小和贫富都有自己的长处。必须博采各国之所长，为我所用。

(3) 在开展国际科技合作与交流中，必须坚持平等互利原则。双边的科技合作与交流要做到有来有往，互通有无，要符合双方的需要，照顾到双方的利益，在合作交流中要做到平等协商，取长补短，通力合作，不强加于人，也不强求于人。在共同研究当中，科技合作的成果及所得的利益应根据双方贡献大小，做到合理分享。

(4) 努力扩大国际科技合作与交流的规模和内容，要坚持多渠道、多方式。政府间的科技合作是在两国政府签订的科技合作协定下进行的，其经费和人力都能得到保障，合作的领域广阔、合作的规模较大、合作的效果显著。加强这种合作，可促进民间交流。开展民间的科技交流形式多样、方式灵活，加强民间的科技交往可以补充官方合作的不足。多边科技合作、交流可以不受双边关系的限制，并可以广交朋友、开阔思路。通过多边、双边、官方和民间等不同渠道，都可以取得良好的合作效果。

(5) 开展国际科技合作与交流，必须从我国的实际情况出发，实事求是，讲求实效。选择合作交流项目时，要考虑国家发展科学技术和经济的重点和优先顺序，以及有利于形成我国合理的技术结构等。

要特别重视工作在科研第一线，熟悉情况的人去参加国际科技合作与交流活动。加强组织管理工作，对国际科技合作与交流的成果，要切实加以应用、推广。

(6) 在国际科技合作与交流中，要发挥我国的优势。为促进世界科学技术发展做出贡献。

14.3.4 中国技术政策的制定

技术政策的制定和实施过程是一个自适应控制过程，这里我们借助控制理论中的方块图来描述科学技术政策的这一特点(见图 14-3)。

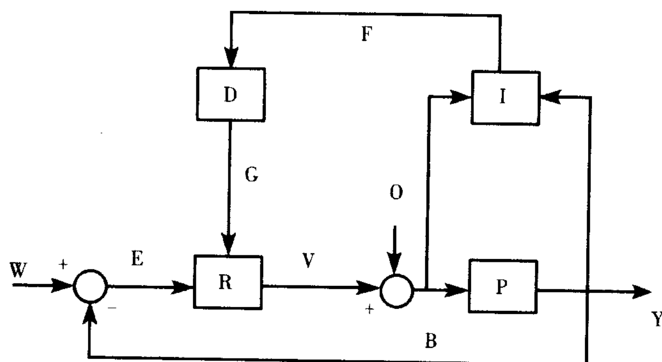


图 14-3 科技政策框架图

科技系统的目标是W,实际产出是Y,两者之差为E。R是调节器,即政府行政当局,P是科技发展过程。I是系统辨识器,包括各种各样统计、调查和软科学研究。I将收集到的各种参量,经过系统辨识,把重要参量F送给决策机构D,决策者将决策结果送给调节器R,对旧的政策进行修正或制定新的政策。调节器R根据决策者的指令G和政策执行误差E来制定或修正政策,产出是V,V与外界(社会,经济和政治系统)来的干扰O一起加到科技系统P上。

这里包含一个科技政策的制订、实施和评估的负反馈回路(W—E—R—V—P—Y)和一个自适应校正回路(Y—I—F—D—G—R)。这样一种自适应控制系统正在我国科技政策的制定和实施中逐步完善。

从上面的描述中可看到科学技术政策的制定和实施过程包括制定、实施、反馈和修改四个阶段,体现了科学技术政策的系统性和动态性。

软科学研究在制定我国科学技术政策过程中起了相当重要的作用。随着新技术革命的蓬勃兴起,科学技术在人类社会经济发展中所起的决定性的作用日益呈现出来。当代任何重大社会经济问题的解决,都离不开科学技术的参与。而今,经济规模、科学研究规模不断地扩大,发展的速度与节奏不断地加快,现代科学——技术——生产体系的建立并向高度综合化方向发展,以及世界上社会问题的复杂化等,都向科学技术提出许多前所未有的新问题。为了适应这种新的发展形势,自然科学与社会科学相结合的步伐加快了。同时产生了一大批互相渗透、彼此交叉的综合性科学和横向科学,如环境科学、能源科学、城市科学等。一些新兴的科学门类,如信息论、控制论、系统论、混沌理论和复杂性理论等则不仅被用来解决自然科学中的问题,而且直接为社会、经济发展服务。科学技术与社会、经济这种一体化发展的趋势,使得跨部门、多学科的大系统综合性研究成为可能,也极大地加强和丰富了用于组织、管理和决策的科学理论、技术手段和方法。同时,科技进步,特别是现代信息技术的突飞猛进的发展,为处理如天文数字的数据资料、解算各种社会经济复杂巨系统的问题提供了物质条件。

一方面是社会发展的迫切需要:另一方面是科学技术进步提供了理论和物质上的条件,在这样的背景下,现代软科学研究应运而生了。1986年7月全国软科学研究工作座谈会的召开,标志着我国软科学的研究进入到了一个新的发展时期。"决策民主化和科学化是政治体制改革的一个重要课题",我们必须"把科学引入决策过程"。当然,软科学自身在理论上,技术上和方法上都需要进一步完备,使之真正成为科学技术体系中的重要组成部分,对我国建设事业和科学技术的发展做出贡献。几年来,软科学研究对我国改革和发展中的一些重大问题提出了许多很有价值的参考意见。例如;中国的人口控制、发展轿车工业促进经济振兴、缓解华北水资源紧缺的对策、我国耕地问题的思考、充分发挥煤炭资源优势、加速发展石油化工、重视发展科学仪器、实现新材料的工业化生产和我国城市化道路的探讨等。

软科学研究的蓬勃发展,为制定正确的科学技术政策提供了必要的前提。几

年来的事实证明软科学研究对我国决策科学化和民主化已经做出了重大贡献。因此,我国的科学技术政策制定的程序可归结为:软科学研究,制定、实施、检查和反馈、修改五个阶段。从方法来看,主要采用领导与群众相结合,官员与专家相结合的方法。具体方法上,许多地方采用从定性到定量的综合集成法。

14.3.5 中国科学技术政策的有效实施

科学技术政策的实施主要体现在两个方面:改革和发展。关于科技体制改革的实施基本情况已在前面介绍过了。关于科学技术的发展,前面已经介绍了三个层次的发展战略,即第一层次是直接为国民经济发展服务的主战场,第二层次是高技术研究及其产业化,第三层次是基础研究和应用基础研究。

A. 科技对社会、经济发展的促进作用效果明显

据2002年统计结果,科技进步直接导致了人、财、物力使用效率的提高。全国就业人员劳动生产率为1.3万元/人,比上年实际增长7.4%;亿元投资新增GDP为0.31亿元,比上年提高了0.10亿元,综合能耗产出率为8.4元/千克,较上年增加了0.7元/千克。环境保护取得明显成效,工业废水处理排放达标率由上年的47.1%提高到87.3%,固体废物综合利用率由上年的45.9%提高到53.2%。我国社会生活信息化水平也有长足的进步。固定电话用户比上年增长了24.5%,移动电话用户数在上年翻了近一番的基础上又增长了71.8%,国际互联网用户较上年增长了3倍,已达3660万户。

B. 三个层次的科技成果累累

1998~2002年,我国科技事业面向21世纪发展知识经济的机遇和挑战,进入了一个新的发展时期,取得一系列历史性成就。

自1998年以来,全国每年投入研究与试验开发经费从509亿元增加到1043亿元,占国内生产总值的比重从0.64%提高到1.1%,实现历史性突破。我国的科技计划体系不断完善,促进科技创新能力大幅度提高。通过"863"、国家科技攻关等一系列科技计划的实施,在当代科技的许多领域完成了大量创新性成果。5年间,全国共登记科技成果147373项,获得国家级奖励的科技成果为1919项。大量科技成果的取得,使我国在相关领域跃入世界先进行列,科技实力在总体上已居于发展中国家前列。

以下是我国5年来取得的一些具有代表性的重大成果:

(1) 在诸多领域取得重大技术突破或进展。

① "神舟"号飞船成功发射和回收;

② 国际人类基因组计划1%基因组测序;

③ 由我国自主研制的"神威"高性能巨型计算机于1999年9月投入运行。

(2) 国家科技计划硕果累累。

① 单双价转基因抗虫棉研究及应用技术，该成果获得2项中国发明专利，其一获得国家及世界知识产权组织联合授予的发明专利金奖；

② 高性能数字程控交换机2000年自行研制成功取得了两个国内第一、两个国际领先的好成绩；

③ 苏格里大型气田发现及综合勘探技术攻克了一系列世界级勘探技术方面的难题。

(3) 在基础研究领域取得多项重要进展。

(4) 高新技术产业化已成为拉动国民经济增长的重要力量。

① 五大作物大面积高产综合配套技术研究与示范大幅度提高了我国“五大作物”的栽培技术水平和生产能力；

② 1万吨/年微生物催化法生产丙烯酰胺及丙烯酰胺工业化技术；

③ 数字化测绘技术体系关键集成及产业化。

(5) 在众多领域取得一大批拥有自主知识产权的科技成果。

① 在第三代移动通讯领域，我国提出的标准成为国际标准之一；

② 电磁式生物芯片，2000年由我国首创；

③ 我国第一个具有独立知识产权的国家一类抗肝炎新药“百赛诺”2001年问世。

(6) 2002年国家高新区经济发展呈平稳增长趋势。

高新区和孵化器是科技发展和体制改革中出现的新事物。对于促进我国技术创新、高新技术产业化和地方经济的发展起到了意想不到的效果。十几年来，各项经济指标平均以每年30%的速度递增。

2002年国家高新区主要经济指标与去年比较，在经济发展总量指标方面，仍然保持了稳中有升的增长趋势，实现了技工贸总收入15250亿元，比去年增长27.9%；工业总产值12975亿元，比去年增长28.3%；工业增加值3344亿元，比去年增长27.6%；净利润759亿元，比去年增长18%；各项税额730亿元，比去年增长15%；出口创汇321亿美元，比去年增长41.4%。

从以上各项指标的增长情况看，2002年全年高新区主要经济指标的增长幅度高于全国工业增长幅度13个百分点，占全国工业增加值增量部分的22.9%。

C. 科技法制的实施

1987年11月1日颁布实施的《中华人民共和国技术合同法》，是我国技术成果商品化的基本法律。它确立了技术市场的基本准则，规范了技术市场的交易活动，保护了当事人的合法权益，执行情况和实施效果都是好的。在总结一年多来实施经验的基础上，针对我国技术市场发展中出现的新问题、新情况，经国务院批准，1989年3月15日国家科委第4号令发布了《中华人民共和国技术合同法实施条例》，对技术合同法作了全面、翔实的解释和说明，补充规定了许多主要的法律规范

和界限,使技术合同法更加科学、系统、具体,更加便于实施。它的发布实施标志着中国的技术合同法律体系基本形成,将为我国技术市场建立良好的法律环境和秩序,推动技术市场沿着法制轨道蓬勃发展。

为了保障我国生物技术的基础研究和应用研究具有良好的实验条件,促进管理的科学化和规范化,1988 年 11 月 14 日经国务院批准,国家科委第 2 号令发布了“实验动物管理条例”。这是我国第一部实验动物管理方面的法规,它对于提高实验动物科研和管理水平,保证实验动物质量,推动生物工程领域基础研究和应用研究的发展具有重要意义。为了完善发明奖励制度,1989 年 8 月 2 日国家科委第 5 号令发布了《中华人民共和国发明奖励条例实施细则》,进一步完善了发明奖励的申报评审、异议等各项制度。此外,1989 年,12 月 6 日国家科委、国家保密局第 6 号令发布了《国家秘密技术出口审查暂行规定》,规定了改革开放形势下技术出口的保密审查管理办法。

按照中国的国情和国际态势以及中央的方针政策制定的中国科技政策主要包括改革和发展两个方面,通过多年的实施,已取得了国内外公认的成绩。但是,科技政策仅仅是整个国家政策中的一部分,它还要与其他政策配合协调,才能更好地发挥作用。随着我国改革开放的深入,中国科学技术政策也将逐步深入和完善。我们要坚持科学精神,以科学的态度和方法对待科学技术政策的研究和制定,发扬成绩、修正错误,使中国科学技术事业持续不断、高速发展,为全面地建设知识型的强国做出贡献。

李伯聪

15. 技术与社会

15.1 技术与社会

在本书以上的章节中——尤其是在本书的下篇即“应用篇”中——我们实际上已经在某种程度上和从一些特定的角度涉及了关于“技术与社会”的问题；在本章中，我们将着重于从更加“整体性”的角度来对“技术与社会”的问题进行一些分析和研究，同时我们也要对现代学者在这方面的某些影响较大的理论和观点进行一些分析和评论。

15.1.1 对“技术”和“社会”的若干语义分析

有人认为，在20世纪的西方哲学中出现了一个“语言哲学”的“转向”，许多现代西方哲学家都很重视应用语言分析的方法，这个趋势也引起了许多中国学者的注意。语言分析的方法是一个具有普遍应用价值的方法，在进行技术系统论的理论研究时，我们也是应该注意进行必要的语义分析的。

在日常语言中，许多术语——尤其是基本术语——都是有多重含义的，“技术”和“社会”这两个术语也是如此。

技术现象是一种人类社会的现象，在没有人类的“纯粹”的自然界中是没有技术活动和技术现象的。如果我们在这样的语境中理解“技术”和“社会”的含义，那么，所有的技术现象都是社会中的现象，于是技术系统也就只是整个社会系统的一个组成部分了。正是在这样的语境和这样的语义上，我们可以说而且应该说技术系统是整个社会系统的一个子系统。

在社会系统这个“巨系统”中，技术系统是它的一个“特殊”的子系统；因为就技术系统这个子系统在社会系统这个“巨系统”中地位和作用而言，技术这个子系统在很大程度上并不是一般所谓的“构成性”的子系统，而是一种“渗透性”的子系统。所谓“渗透性”的子系统就是说技术因素或成分是渗透在社会这个“巨系统”的所有的“构成性”的“子系统”，例如政治“子系统”、军事“子系统”、经济“子系统”、教育“子系统”等之中的，或者说在社会系统这个巨系统中，其各个子系统中都是各有自己“本身”的技术方面的问题的。

应该注意的是，对于技术和社会这两个术语的含义和所指，人们有时又会作“狭义”的和“具体化”的理解，例如许多人往往都会把自然现象、思维现象和社会现象看作三种不同类型的现象，很显然，在这样的语境中，技术和社会的含义可以说都被“具

体化”了，本书在“分论”部分把技术划分为自然技术、社会技术和思维技术等不同类型的技术就是在这种“具体化”的语境中使用“技术”和“社会”这两个术语的。

应该承认，在日常语言中，词语的多义性往往是不可避免的，技术和社会这两个术语也是这样。不同的学者在使用技术和社会这两个术语时，往往会对其含义有不同的理解；在本章中，如上所述，我们是要对当代学者的某些有关技术与社会的观点进行必要的评论的，鉴于这些学者在使用技术这个术语时，往往各有自己的理解和用法，为使我们的评论有“针对性”，我们在评论他们的有关观点时，也就不得不“照顾”他们对词语的理解和用法，于是本章在使用技术和社会这两个词语时其用法就难免会有某些不一致的地方了，这确实是一件无可奈何的事情，这种情况是需要提请读者注意的。但本章在使用技术和社会这两个词语时，在用法上绝无私自“杜撰”之处，其具体含义在具体的上下文中都是比较清楚的。

15.1.2 对本章探讨“技术与社会”问题的研究进路的若干说明

在研究“技术与社会”这个主题时，显然是可以有一些不同的研究进路的。如果按照既“可分”又“可合”的原则，我们可以列举四种研究“技术与社会”问题的研究进路。

(1) 先把技术“分解”为若干“子系统”(例如像本书第二篇那样把技术划分为自然技术、社会技术、思维技术、数学技术和复杂系统技术，甚至进行更细的和“多级”的分解)，然后再分别研究技术的各子系统与社会的相互关系的问题。

(2) 上述第一种研究进路的“相反进路”：先把社会这个“巨系统”分解为政治、经济、军事、文化、教育、法律、道德等“子系统”，然后再研究技术和社会这个巨系统的各个子系统相互影响和相互关系的问题。

(3) 要求把技术和社会都分解为若干子系统，然后再分别地和具体地研究双方的各个子系统的相互关系的问题。

(4) 对技术和社会都不再进行子系统的分解而进行“综合性”和“整体性”的相互关系问题的研究。

应该承认，上述四种研究进路都是“合情合理”的和有可能取得重要成果的研究进路，并且实际上也已经有许多研究“技术与社会”问题的学者沿循上述的研究进路进行了许多研究工作，发表了许多论文，甚至出版了有关的专题性的著作。在本章中，由于篇幅的限制，我们在讨论“技术与社会”这个问题时显然只能采取第四种研究进路。

在本章中，我们将简要地对技术系统的自主性和社会建构性的问题、技术与社会的互动的网络性与历史性的问题、技术乐观主义与技术悲观主义的问题进行一些讨论，由于制度问题是一个特别重要的问题，本章中将对此问题进行一些“单独的”讨论。本章讨论的最后一个问题是技术进步和人文关怀的问题，对此问题的讨论既是本章的结束同时也是本书的“收结”。

15.2 技术系统的自主性和社会建构性

技术系统的自主性和社会建构性的问题是一个有关如何认识技术的本性和技术与社会的相互作用的大问题。对于这个问题，国内外的学者是有许多不同的看法和认识的。

15.2.1 技术系统的自主性

现代社会是以科学技术为特征的社会。饶有趣味而且并非偶然的是，在20世纪中叶有人先后提出了关于科学和技术都具有自主性的观点。著名哲学家波普尔于20世纪60年代提出了关于三个世界的理论[①]，波普尔认为，第三世界是具有自主性的。由于在波普尔所说的第三世界中科学理论是一个最重要的部分和最突出的"代表"，所以我们有理由认为，波普尔实际上也是提出了一种关于科学系统具有自主性的理论。虽然波普尔的理论"名声"更高且产生了更大的影响，但法国著名的技术社会学家和技术哲学家艾吕尔却更早地在20世纪50年代就提出了他的关于技术具有其自主性的理论。艾吕尔在1954年出版了《技术的社会》一书，后又出版了《技术秩序》一书，系统地阐述了他的关于技术自主性的观点。

艾吕尔认为，技术已经成为了人类的新的、特殊的生存环境(milieu)，这个技术环境的特征是：

① 它是人工的；

② 对于价值、观念和国家来说它是自主的；

③ 它是闭环自我决定的；像自然一样，它是一个使自己可以独立于所有的人类干预的、自我决定(self-determinative)的、闭合的组织；

④ 它是根据一个因果性的但不是指向目标的过程而发展的；

⑤ 它是通过手段的积累而形成的，而对于手段来说建立卓越的意义要超过指向目标的意义；

⑥ 技术的所有的部分如此密切地互相纠缠在一起，以致不可能把它们分割开来，不可能单独地解决任何技术问题[②]。

关于技术自主性的观点是艾吕尔的技术哲学和技术社会学思想的一个核心性的观点，正如陈昌曙所指出的那样："艾吕尔的思想是以技术的自主性为中心展开的。他认为技术是独立于人和社会的干预而自我决定的，在社会中技术的活动越

---

① 波普尔，客观知识，上海译文出版社，1987年。

② Ellul, J. The Technological Order, in Mitcham, C. & Mackey, R. (eds.), *Philosophy and Technology*, London: The Free Press, 1983, p. 86.

多,人的主动性自主性就越少。"[①]对于艾吕尔的这个观点,有人赞成,也有人反对。总的来看,似乎持批评意见的学者要更多一些。

我们认为,关于技术具有自主性的思想是既不能无条件赞成,又不能无条件反对的;我们应该承认技术系统是具有一定范围的、相对的自主性的,但我们又不赞成像艾吕尔那样把技术的自主性夸大到了不适当的程度。

在此有一个值得特别注意的问题是:虽然在研究所谓科学的自主性问题与所谓技术的自主性的问题时,使用了同一个术语——自主性,但这个"自主性"的实际内涵和具体内容却是大不相同的。所谓科学的自主性与所谓的技术的自主性二者在其形成的原因上和具体的表现形式上都是有很大区别的。

按照波普尔的分析,科学的自主性主要是一种理论逻辑的自主性,例如当欧几里德规定了一个公理系统之后,在这个公理系统中会存在什么样的定理就不是可以由人的主观意愿所左右的了。

可是技术的自主性往往却是由另外类型的原因和另外的"机制"所形成的。在技术方面,技术系统的自主性往往突出表现在技术系统的"兼容性"、"耦合性"和"标准化"的要求上面。例如在技术发展史上,人们很早就认识到了"标准化"的重要性。在中国历史上,秦王朝所实行的"书同文,车同轨"就正是一种技术"标准化"方面的实践。在现代技术史上,惠特尼的技术"标准化"的思想和实践则产生了更深远的影响。"兼容性"、"耦合性"和"标准化"是技术发展的内在的要求,技术在发展过程中往往是有一种"排斥"甚至"淘汰""自立标准"的趋势或力量的。例如铁路系统就是必须按照"接轨"的方式来发展的,要想使火车在"国际"间通行无阻,则各国就必须建设"同一"轮距的铁路系统[②]。铁路几乎是不可能在发展的过程中按照某些人的特殊"爱好"而"各自为政"地发展的,这就是技术发展的自主性的一种典型的表现。

如上所述,我们必须在一定的意义上和一定的范围中承认技术系统的自主性。但是,这种技术系统的自主性又只能是一定的意义上和一定的范围中的自主性,技术系统的自主性不是绝对的自主性。艾吕尔把技术的自主性绝对化了,完全否认了人类可以对技术系统进行干涉和施加影响的方面。对于这种认为技术系统具有绝对自主性的观点,我们是不赞成的。

任何技术系统都是人类的"建构"活动的产物,人类可以在一定的意义上和一定的范围内发挥自己的主动性,去规定、干涉和影响技术系统的特点、面貌和发展路径。我们不但必须承认技术系统具有一定的自主性,同时还必须承认技术系统具有建构性的特点。

---

① 陈昌曙,技术哲学引论,科学出版社,1999年,第42页。

② 不同标准的技术系统间也是有可能通过一定的"转换"技术而"耦合"在一起的,但这显然是要带来不必要的"麻烦"的。从理论上看,这种情况也并不影响正文中的有关论点的正确性。

15.2.2 技术系统的社会建构性

技术系统不同于自然系统。“自然系统”是自然界“自发”活动的“产物”，或者说是自然界“自发”活动的“结果”；而技术系统却不是自然界“自发”活动的结果，它是人类的有目的的活动的产物，是人类建构活动的结果——这就是技术系统的社会建构性。

在20世纪科学哲学的发展历程中，不但出现了逻辑经验主义、批判理性主义、历史主义以及科学实在论等重要的科学哲学学派，而且自20世纪70年代起又崛起了一个爱丁堡学派。

爱丁堡学派研究和评价科学的进路与以往的科学哲学家例如逻辑经验主义者、科学实在论者是有很大不同的，有人说爱丁堡学派在科学哲学研究中实现了一种“社会学转向”，这种对爱丁堡学派研究进路的评论是符合实际的。爱丁堡学派认为，科学知识是科学家进行“建构”活动的结果，他们的科学哲学理论也被人称为科学知识社会学的理论。

以往，许多人都特别强调科学知识是“科学发现”活动的结果，而爱丁堡学派则强调科学知识的“扩展”是科学家建构活动的结果，这种理论“重点”上的转移是引人注目的和耐人寻味的。

如果说科学知识的增长过程已经可以与应该被看成是一个建构的过程，那么技术系统的发展过程就更不可否认地是一个建构性的过程了。毫无疑问，与科学知识相比，技术系统是具有更强的和更突出的建构性的。

技术系统的建构性问题是一个大问题。技术系统的建构性不但表现出了人的主动性的方面，而且表现出了技术系统的被动性的方面。

上文中我们以轨距问题为例谈到了铁路系统发展中所表现出来的技术系统的自主性的方面；但从另一方面来看，在机车和车厢轮距不变的条件下，蒸汽机车变成了内燃机车，内燃机车又变成了电力机车，后来又出现了磁悬浮列车，这些变化显然都是技术系统的建构性的表现。此外，我们还应注意到，铁路系统只是交通系统的一个组成部分和一种表现形式，人们也可以不修铁路而修建公路，而在修建公路的时候上述那个关于铁路轨距问题对技术发展的“限制”也就不起作用了。由此，我们可以看出，在技术系统的建构性中是突出地表现了人的主动性和技术系统的被动性的特点的。

总而言之，技术系统既有其自主性的一面，又有社会建构性的一面；这两个方面都是实际存在和不可否认的，我们不应片面地夸大某个方面而否定另一个方面。

15.3 技术与社会互动

技术系统与社会的关系是一种互动性的关系，即相互影响、相互渗透、相互作

用的关系。它们的相互关系和相互作用是极其复杂的，形成了一个复杂的互动网络；从历史的角度看，它们的相互关系和相互作用在具体内容和表现形式上都是不断变化的，在研究技术与社会的互动关系时，我们不但应该注意技术与社会的互动关系的网络性，而且应该注意技术与社会的互动关系的历史性。

15.3.1 技术与社会的互动的网络性

技术是一个包括有许多组成部分的复杂系统，社会也是一个包括有许多组成部分的复杂系统，这就使技术与社会的互动关系呈现出复杂的网络性的特点。

网络性的互动关系不但不同于单向的决定性关系，而且它甚至也不同于简单的"环式"的反馈关系。

1938 年，默顿出版了《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》一书。这本书的重点是研究科学技术的"社会史"问题和科学技术社会学方面的问题，虽然默顿的这本著作并不是一本全面地研究科学、技术与社会的相互关系问题的著作，但从这本书中人们已经可以看出科学、技术和社会的相互关系是一种网络性的相互关系。

在欧洲的文化传统中，曾经有一些人把科学技术看成是纯粹个人兴趣的产物，在很长的时期中都没有人注意科学技术的社会依存性和科学技术的社会作用的问题。马克思主义的诞生开创了认识科学技术与社会的相互关系的新阶段。马克思和恩格斯在他们的著作中都有对于科学技术与社会的相互关系问题的精辟而深刻的分析和论述。苏联科学史家格森在 20 世纪 30 年代初发表的《牛顿〈原理〉的社会和经济根源》一文，在西方科学史界也曾经产生了很大的影响。

后来，尤其是 20 世纪 60 年代以来，"科学、技术与社会"(英文简写为 STS)更形成了一个单独的研究领域。可以认为，默顿的《十七世纪英格兰的科学、技术与社会》一书就是 STS 研究的先驱性研究工作。

科学、技术与社会的相互关系不是某种单向性的关系而是网络性的关系。默顿在他的著作中向人们所显示的正是这样的一种网络性的复杂的相互关系。1970 年，默顿在为他的这本名著撰写《再版前言》时说，他既不赞成那种认为科学技术"按其自身方式而发展，它不受外部社会结构中的变化的影响"的观点，另一方面他也不赞成那种他称之为"经济决定论"、"技术决定论"或"政治决定论"的观点。默顿说，他的这本论著"严肃地采用了体制互变的概念，同时摒弃那些不费力地片面强调单向因素的假设。"[①]可以说，现代许多学者在 STS 研究领域中的研究工作向人们显示的就正是这样的网络性的关系。

15.3.2 技术与社会的互动的历史性

在历史发展进程中，技术与社会的互动关系的具体内容和形式不是一成不变

① 默顿，十七世纪英格兰的科学、技术与社会，商务印书馆，2000 年，第 6 页"1970 年再版前言"。

的。在不同的历史时期，在不同的历史条件下，技术与社会的相互作用和相互关系的具体内容和具体特点显然是各有不同的和不断变化的。刘文海在其《技术的政治价值》①一书中曾着重地就技术的政治后果问题，分析了在农业社会时期、工业社会时期和信息社会时期技术与社会关系的历史性的问题。其实，这种相互作用和相互关系的历史性，不但表现在技术与政治的相互作用和相互关系中，而且它也同样地表现在了技术与社会的其他因素，例如经济、思想、文化等的相互作用和相互关系中。

我们在此显然不可能对技术与社会的相互作用的历史变化的具体内容和具体特点进行具体的分析。我们想着重指出的是，如果我们主要从相互作用的"强度"和"速度"的观点来看问题的话，我们可以把技术与社会的互动关系的类型划分为古代时期和现代时期这两个不同的时期和两种不同的类型。原始社会、奴隶社会和封建社会属于古代时期，而资本主义社会及其后的社会属于现代时期。

马克思和恩格斯在《共产党宣言》中说："蒸汽和机器引起了工业生产的革命。现代大工业代替了工场手工业；工业中的百万富翁，整批整批产业军的统领，现代资产者，代替了工业的中间等级。"马克思和恩格斯又说："资产阶级除非使生产工具，从而使生产关系，从而使全部社会关系不断地革命化，否则就不能生存下去。""资产阶级在它的不到一百年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切世代创造的全部生产力还要多，还要大。自然力的征服，机器的采用，化学在工业和农业中的应用，轮船的行驶，铁路的通行，电报的使用，整个整个大陆的开垦，河川的通航，仿佛用法术从地下呼唤出来的大量人口，过去哪一个世纪能够料想到有这样的生产力潜伏在社会劳动里呢？"②

很显然，古代时期的技术与社会的互动关系是以"弱相互作用"和"慢速"作用为基本特征的时期，而现代时期的技术与社会的互动关系则是以"强相互作用"和"高速"作用为基本特征的时期。社会发展在进入了现代时期之后，尤其是在进入了所谓信息社会之时，技术与社会的互动更在原先的"强相互作用"的基础上表现出了更强的相互作用，在原先的"高速"基础上出现了再加速的势头。

15.4 技术与制度

在技术与社会的相互作用与相互关系中，制度问题是一个特别重要的问题，有必要进行一些单独的分析和论述。

中文的制度一词，可以指宏观的制度（例如社会制度），也可以指微观的制度（例如企业制度）。宏观的制度和微观的制度是有密切联系的，但二者又是有很大

① 刘文海，技术的政治价值，人民出版社，1996年。

② 马克思恩格斯选集，第1卷，人民出版社，1972年，第252、254、256页。

区别的。在社会制度一词中，与中文的制度一词相当的英文词是 system，而在企业制度一词中，与中文的制度一词相当的英文词是 institution。在西方经济学中，以凡勃伦为代表的制度经济学曾经在美国产生了一定的影响，后来衰落了。可是到了 20 世纪的六七十年代，制度经济学又以新的形式(新制度主义)兴起了。在中国，以经济体制改革为社会背景，制度经济学的观点和理论问题在我国也引起了许多学者的关注，技术、经济、政治和制度的关系的问题也成为了许多学者关注和认真研究的一个热点问题和焦点问题。

在研究技术和制度的相互关系和相互作用的问题时，我们应该既注意对宏观层面问题的分析，又注意对微观层面问题的分析，并且把二者有机地结合起来。

15.4.1 技术系统对社会的宏观制度和微观制度的作用和影响

技术发明在社会中所起的作用和影响不但可以表现为通过影响生产的发展而影响人们的生活水平和生活方式，而且可以表现在技术的状况和技术的变化往往会对社会的经济方面或其他方面(例如军事或文化方面)的宏观制度和微观制度产生重要的甚至是决定性的作用和影响(既包括促进性的影响与作用又包括障碍性、约束性的作用与影响)。例如在军事方面，现代航空技术的发展不但直接导致了空军这个新军种的出现，而且使整个现代军事系统的组织制度和作战方式都发生了根本性的变化。电影技术的发展促成了电影院这种文化方面的“微观制度形式”的繁荣和发展，而电视技术的发展又对电影院这种文化方面的“微观制度形式”造成了冲击，使之“由盛而衰”。

马克思说:“现代工业从来不把某一生产过程的现存形式看成和当作最后的形式。因此，现代工业的技术基础是革命的，而所有以往的生产方式的技术基础本质上是保守的。现代工业通过机器、化学过程和其他方法，使工人的职能和劳动过程的社会结合不断地随着生产的技术基础发生变革。这样，它也不断地社会内部的分工发生革命。”[①]虽然马克思在这里说的主要是经济方面的微观制度的问题，但对于技术系统和社会的其他方面的微观制度的互动关系而言，这段论述也是适用的。

技术系统的变化不但促使经济方面发生微观制度上的变化，而且它还对政治方面的微观制度的变化(例如选举制度的变化)、文化方面的微观制度的变化(例如电视技术对文化传播方式和习惯的影响)、教育方面的微观制度的变化(例如广播电视大学的出现和远程教育方式的兴起)、军事方面的微观制度的变化(例如新的“军事职务”的设置)等，都要发生重大的影响。

马克思说:“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的来说变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提

---

① 马克思，资本论，第 1 卷，人民出版社，1972 年，第 533~534 页。

的最强大的杠杆。”[①]马克思还曾经指出，以水力磨为技术基础的是以封建主为首的社会，而以蒸汽磨为技术基础的社会是以资本家为首的社会。马克思的这些论述明确地指出，技术方面的革命性变化是必然要对社会的宏观制度和宏观结构发生影响的。

15.4.2 技术状况和技术进步的制度制约性

技术和制度的影响和互动关系是双向的，这就是说，不但存在着技术发展对社会中各种制度形式发挥影响作用，而且也存在着技术状况和技术进步受到社会中各种制度形式和制度因素(包括宏观方面的和微观方面的经济制度、政治制度、军事制度、教育制度等各种制度形式)的制约性。正如前述，而对于制约一词的含义，我们也将其解释为促进作用与限制作用两方面的统一。

我国经济体制改革和科技体制改革的实践生动地显示了技术进步和技术发展中的制度制约性是一个非常重要的问题。在改革开放之前，我国在经济体制和科技体制中存在着许多缺陷和不合理的地方，它们严重限制和阻碍了技术发展的速度和进程；在改革开放的过程中，许多不合理的制度被陆续革除了，许多行之有效的制度被“移植”过来了，还有一些新的有生命力的制度形式被创立出来了——人们看到：正是由于有了体制改革作为制度方面的动力、前提和基础，我国的技术潜力才日益充分地发挥出来，技术水平才有了前所未有的提高。体制改革前后不同状况的鲜明对比告诉我们：先进、合理的制度是促进技术发展的强大因素和力量，而落后、不合理的制度则是限制技术发展的顽固因素和阻力。所以，对于我国的技术进步和技术发展来说，制度创新也就成为了一个具有头等重要意义的问题。目前，有许多人都特别重视制度创新，这实在是势所必然、理所当然与不得不然的事情。

15.5 技术乐观主义、技术乌托邦主义、技术悲观主义和技术现实主义

人们在认识和估价技术的本性、技术的作用、技术的前景和技术与社会的相互作用等方面时，存在着不同的立场、观点和态度，例如技术乐观主义、技术乌托邦主义、技术悲观主义和技术现实主义就是如此。

作为一种“理论系统”的技术乐观主义和技术悲观主义与作为一种“社会态度”的技术乐观主义和技术悲观主义是有密切联系的，有时甚至是“合为一体”的；但有时二者又是有一定区别的；虽然我们在此要同时论及到它们，但我们在此关注的重点显然是后者。

从古至今，曾经有人提出过各种各样的技术乐观主义观点，也有人提出过各种

---

① 马克思恩格斯全集，第47卷，第427页。

各样的技术悲观主义观点，具体评价这些观点不是一件容易的事情，要确立我们对于技术现象、技术活动和技术系统的基本立场和态度也不是一件容易的事情。大体而言，也许可以说：我们不赞成虚幻的、盲目的乐观主义即技术乌托邦主义，但我们应该是谨慎的、有批判精神的乐观主义者；虽然我们不赞成技术悲观主义的基本立场和态度，但我们又认为技术悲观主义者所提出的某些观点、所发出的某些警世之言和所提出的许多问题有重要价值的，他们提出了一些人类必须认真对待、严肃思考的重大问题，对于这些问题，人类是千万不可掉以轻心的。我们认为，技术现实主义的基本态度是可取的。

15.5.1 技术乐观主义和技术乌托邦主义

顾名思义，技术乐观主义对技术的发展及其社会作用持乐观主义立场和态度。应该说，这是一种源远流长的传统。中国古代著名哲学家荀子提出关于“人定胜天”的理论可以说就是一种中国古代的对于技术问题的乐观主义的观点和态度。西方近代，许多哲学家和科学家，例如弗·培根等，对于技术也持乐观主义立场和态度。大体而言，可以说近代多数科学家和哲学家对于技术都持乐观主义态度，他们相信在技术与社会的相互作用中，技术是一种促进社会进步的因素和力量。

1877 年，技术哲学的奠基人卡普出版了《技术哲学纲要》一书，在书中，他不但阐述了关于技术是人的器官的“延长”的理论，而且阐述了他的技术乐观主义的观点。他认为，技术是文化、道德和知识进步与人类自我拯救的手段。有人说：“现代西方技术乐观主义的主要代表人物是美国赫德森研究所所长赫尔曼（Herman, K.,），现代西方未来学的主要代表人物也都是技术乐观主义者。”[①]托卡夫勒的《第三次浪潮》一书所表现出的技术乐观主义态度在许多读者心中都留下了深刻的印象。

马克思在其早期著作中深刻地批判了技术异化现象。在《资本论》一书中，马克思也尖锐地批判了机器的使用在资本主义制度下走向了它的“反面”。可是，马克思对于技术问题的基本立场和态度却不是悲观主义的。马克思逝世后，恩格斯在马克思的墓前发表了演说，恩格斯说：“在马克思看来，科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。任何一门理论科学中的每一个新发现，即使它的实际应用甚至还无法预见，都使马克思感到衷心喜悦。但是当有了立即会对工业、对一般历史发展产生革命影响的发现的时候，他的喜悦就完全不同了。例如，他曾经密切地注意电学方面各种发现的发展情况，不久以前，他还注意了马赛尔·德普勒的发现。”[②]这就是说，马克思对于技术的基本立场和态度是一种保持批判精神的乐观主义。

---

① 姜振寰等主编，技术学词典，辽宁科学技术出版社，1990 年，第 104 页。

② 马克思恩格斯选集，第 3 卷，人民出版社，1972 年，第 575 页。《马克思恩格斯选集》的注释说，恩格斯所谈到的德普勒的发现是指德普勒在米斯巴赫至慕尼黑之间架设的第一条实验性输电线路。

在此，应该强调指出的是，在健康的乐观主义精神中是不乏清醒的批判精神的，如果有人对技术采取极端的、盲目的、虚幻的、放弃批判精神的乐观态度，那就不是真正的乐观主义精神和态度而成为技术乌托邦主义态度了。我们是清醒的、建设的、积极的乐观主义者，我们不赞成那种技术乌托邦主义的观点和态度。

15.5.2 技术悲观主义

虽然在古代已经出现了技术悲观主义的思想和观点，但正如上文所指出的那样，在近代历史上，在18世纪和19世纪，社会上的大多数人对于技术仍然持乐观主义态度；可是，到了20世纪，在社会思潮的风云变幻中，技术悲观主义观点和态度却出人意料地"横空出世"了。

技术悲观主义者对技术的本性和技术的社会作用的基本态度是批判性、否定性的，所以技术悲观主义和技术批判主义也就结下了不解之缘。虽然有人甚至认为技术悲观主义就是技术批判主义，但我们认为，技术悲观主义和技术批判主义之间还是有某些区别的。

20世纪，技术悲观主义或者说技术批判主义的影响出现了某种愈来愈大的势头。这种思潮不但表现在思想和学术界，而且表现在社会其他各界，渗透到了社会生活的许多方面。

以技术悲观主义这种重要的社会思潮为主题，在1979年和1992年曾分别在美国和以色列召开了两次国际学术研讨会。1994年，还编辑出版了一本论文集《技术悲观主义和后现代主义》[①]。

值得特别注意的是，技术批判主义不但以"学院派"批判的形式存在着，而且还表现成为了某种形式的"社会运动"。在世界许多地方都曾出现的"反核"运动以及新卢德派和绿党的出现就是以"社会运动"形式出现的技术批判主义的典型表现。

粗略地说，在20世纪对技术的批判，主要是从三个方面进行的：政治和社会方面的批判、人性和道德方面的批判、生态和环境方面的批判。这三个方面的批判不是互不相关的，而往往是交织在一起的[②]。

在西方，20世纪之初的斯本格勒、西方著名的哲学家海德格尔、法兰克福学派的许多学者、许多存在主义的学者都是对技术持悲观和批判态度的。

在中国，在20世纪的上半叶曾经发生了一场至今仍"余波未尽"的大论战——所谓"科学与玄学"的大论战。在这场论战中，玄学派对于科学技术的基本立场和态度就是悲观主义的或者说批判主义的。

虽然我们不赞成技术悲观主义的基本态度，但这绝不意味着我们可以把技术悲观主义的理论和观点看作没有任何合理因素的一派胡言了，相反，应该承认技术

---

① 赵建军，追问技术悲观主义，东北大学出版社，2001年，第3页。

② 陈昌曙，技术哲学引论，科学出版社，1999年，第238～250页。

悲观主义者对许多问题的分析和理论观点有许多值得重视的合理因素。赵建军认为，技术悲观主义的理论价值主要表现在以下几个方面：

(1) 从认识论方面来看，技术悲观主义不但是人类否定性思维的一种表现形式；而且还反映了人类认识深化过程的复杂性和曲折性，反映和表现了人类的忧患心理和忧患意识，而忧患意识又可以成为人类目的与行为的调节器；

(2) 从社会批判和社会建构方面来看，技术悲观主义揭示了文明社会的种种危机，揭示了技术化社会的许多内在缺陷，使人惊醒；

(3) 技术悲观主义的生态学批判不但对生态伦理学和可持续发展理论的产生起了重要的推动作用，而且实际上也发挥了某种对人类中心主义思想的恶性膨胀的制衡作用[①]。赵建军的这些分析对于我们全面地认识和评价技术悲观主义的性质和作用是有参考价值的。

15.5.3 技术现实主义

应该如何正确对待技术是一个重要而复杂的问题，在这个问题上，对技术抱盲目的极端的乐观主义的态度和盲目的、极端的悲观主义的态度都是不可取的。某些未来学家往往过多地设想了技术的“正面”的方面，而过于轻易地放弃了对技术的“负面影响”和“负面作用”的警惕和批判；另一方面，新卢德主义(Neo-Luddi tism)者则在某种程度上重蹈了第一次工业革命时期所出现的卢德派的覆辙，他们不能正确地分析和对待技术革命在历史上所可能发挥的重大的推动作用，他们往往过分地夸大了技术的“负面影响”和“负面作用”，并因此而提出了一些过激的主张，例如，新卢德主义者曼德尔就以电视所造成的某些“负面影响”和“负面作用”为理由，而提出了取消电视的主张，对于这样的观点和主张，自然是不被赞成的和无法接受的[②]。

显然，对技术抱极端的乐观主义的态度和极端的悲观主义的态度都是不可取的，人们应该努力探求一种更理性和更恰当的对待技术的态度，于是，有人提出了技术现实主义的主张。

1998 年 3 月 12 日，夏皮罗、申克、约翰逊等 12 人公布了一个关于技术现实主义原则的概要，宣告了技术现实主义的“诞生”。技术现实主义者的基本立场和基本主张是既不赞成技术乌托邦主义又不赞成新卢德主义，他们希望能够在技术崇拜和技术憎恨之间、在技术热爱和技术恐惧之间采取“中间”的立场和态度[③④]。技术现实主义者主张在保持一种清醒的批判精神的同时又能以理性、明智的态度对

---

① 赵建军，追问技术悲观主义，东北大学出版社，2001 年，第 173～187 页。

② 陈红兵，新鲁德主义述评，科学技术与辩证法，2001 年，第 3 期，第 46～49 页。

③ 陈红兵、陈昌曙，论现实主义的技术态度，载刘则渊、王续琨主编《工程·技术·哲学》，大连理工大学出版社，2002 年，第 154～166 页。

④ Technorealism：An Overview. http//www. technorealism. org.

待生活和对待技术变化的浪潮。技术现实主义强调实践性，鼓励对技术的矛盾作用认真讨论，把现实主义原则体现在具体的现实生活之中，倡导反思和行动精神，并建议加强不同态度之间的对话和沟通。

15.6 技术进步和人文关怀

也许应该说，所谓技术乐观主义、技术悲观主义和技术现实主义都是带有某种程度的简单化色彩的表述。我们认为，对于技术系统的本性、技术系统的发展、技术与社会的相互关系应该持有的正确观点和态度，这是十分复杂的问题，也许最好还是不要简单地、笼统地用乐观主义或悲观主义这样的术语来表达和概括，我们赞成把乐观主义的精神和理性批判的态度结合起来。

科学精神和人文精神是推动人类社会进步的两种重要的精神因素和精神力量。科学精神主要体现了人类求真的精神，而人文精神主要体现了人类追求善和美的精神。由于人类追求的既不是单纯的真也不是单纯的善或美，人类追求的乃是真、善、美的统一，所以需要把科学精神和人文精神结合起来、统一起来。

我们认为，科学精神和人文精神是内在统一的，脱离了人文精神的科学精神不可能是真正的科学精神，脱离科学精神的人文精神也不可能是真正的人文精神；脱离了科学精神的人文精神必然是贫乏的、荒谬的，脱离了人文精神的科学精神必然是畸形的、有可能误入歧途的。人类应该而且也必须把人文关怀渗透到技术进步的每一个"脚印"中，使崇高的人文精神的光辉照耀着技术发展的方向和未来。

技术进步离不开科学知识和科学精神。在现代社会中，这是显而易见和容易理解的。尤其是在第二次技术革命(电气技术革命)之后，科学更成为了技术进步和技术革命的基础、动力和指导力量；而应该同样加以强调的是，技术进步和技术系统的发展也是一刻也不可脱离人文知识和人文精神的。如果离开了科学精神和人文精神，现代技术就要成为一条既没有发动机又没有舵轮的"轮船"——成为一条失去方向的、只能在茫茫大海上随风飘荡的"轮船"，在更糟糕的情况下甚至会成为一条奔向罪恶深渊的"轮船"。

由于任何技术系统都是人工系统而不是自然系统，这就使在任何技术系统中都不可避免地渗透着和体现着一定的社会目的和社会价值。

马克思·韦伯提出，价值可分为工具价值和目的价值，他的这种观点已经被许多学者所接受了。根据这种观点来分析技术的作用和后果，人们看到在直接的意义和作用方面，技术往往表现为和体现出工具价值的方面。如果人们只看到工具理性的方面，任凭工具价值的方面恶性膨胀起来，技术系统有可能蜕化成为"为恶"的工具，在这种条件和情况下，使用技术的结果就不是造福人类，而是要造成异化——人的异化、工具的异化和社会的异化现象出现了。

为了克服异化现象，使技术活动成为为人类造福的活动，成为富于人性的技

术，而不是"敌视"人性的技术，人类必须在技术活动中渗透着深深的人文关怀。

在技术活动中，技术人员不但应该为"雇主"负责，更应该对社会负责；不但应该为眼前利益负责，而且应该为长远利益负责；不但应该考虑局部利益和经济价值，而且必须考虑社会效益和生态价值。

若离开了人文精神，技术就会走上邪路。只有辐射出崇高的人性光辉和渗透着宝贵的人文精神的技术，才是我们需要的技术，才是我们理想的技术。

"天人合一"是我们理想的境界。中国古代，曾经有一些哲学家把"天人合一"境界解释为远离技术、"民有什佰之器而不用"的境界，对于这种解释和这种观点我们是不能赞成和不能同意的。我们认为：天人合一的理想境界绝不是某种纯自然的状态；自从人类形成以来，人类就再也不能完全离开技术和技术活动了，理想的"天人合一"的境界必然是而且也只能是一种把崇高的人文精神和人文关怀渗透到技术活动和技术创新中的境界。

在人类发展的历史上，尤其是在近现代时期，脱离了人文精神的技术曾经使人类远离了"天人合一"的境界，这方面的教训是人类永远也不应忘记的。

为了走向"天人合一"的境界，为了使技术成为人道主义的技术，使技术成为人性的技术而不是造成异化的技术，人们必须一刻也不能让技术脱离人文精神和人文关怀。

适用技术、高技术和崇高的人文关怀的统一，科学精神、人文精神和技术实践的统一，现实和理想的统一，追求"天人合一"的境界，追求真、善、美的统一，这就是我们的要求、追求和理想。